



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES**

MANUAL TÉCNICO
EMPREGO OPERACIONAL DO RÁDIO

(EXEMPLAR - MESTRE)

**1ª Edição
2025**



**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES**

**MANUAL TÉCNICO
EMPREGO OPERACIONAL DO RÁDIO**

(EXEMPLAR - MESTRE)

**1ª Edição
2025**

PORTARIA COTER/C Ex Nº 593, DE 1º DE SETEMBRO DE 2025

EB: 64322.013085/2025-01

Aprova o Manual Técnico MT 3.11-551 –
Emprego Operacional do Rádio, 1ª Edição 2025.

O **CHEFE DO PREPARO DA FORÇA TERRESTRE**, no uso da atribuição que lhe confere o inciso VII do art. 6 do Regulamento do Comando de Operações Terrestres (EB10-R-06.001), aprovado pela Portaria do Comandante do Exército nº 914, de 24 de junho de 2019, e de acordo com o que estabelecem os artigos 5º, 12 e 44 das Instruções Gerais para as Publicações Padronizadas do Exército (EB10-IG-01.002), aprovadas pela Portaria do Comandante do Exército nº 770, de 7 de dezembro de 2011, e alteradas pela Portaria do Comandante do Exército nº 1.266, de 11 de dezembro de 2013, resolve:

Art. 1º Fica aprovado o Manual Técnico MT 3.11-551 – Emprego Operacional do Rádio, 1ª Edição, 2025, que com esta baixa.

Art. 2º Fica revogado o Manual de Campanha C 24-18 – EMPREGO DO RÁDIO EM CAMPANHA – 4ª Edição, aprovado pela portaria nº 137-EME, de 16 DEZ 1997.

Art. 3º Esta portaria entrará em vigor a partir de sua publicação.

Gen Bda ALEXANDRE PFAENDER JUNIOR
Chefe do Preparo da Força Terrestre

(Publicada no Boletim do Exército nº 37, de 12 de setembro de 2025)

FOLHA REGISTRO DE MODIFICAÇÕES (FRM)

NÚMERO DE ORDEM	ATO DE APROVAÇÃO	PÁGINAS AFETADAS	DATA

ÍNDICE DOS ASSUNTOS

	Pag
CAPÍTULO I – O CONJUNTO RÁDIO	
1.1 Generalidades	1-1
1.2 Composição do Conjunto Rádio	1-1
1.3 Principais Características	1-2
1.4 Principais Formas de Emprego	1-4
1.5 Quadros dos Grupos Rádio do Exército Brasileiro	1-5
 CAPÍTULO II - O EMPREGO DO RÁDIO NOS ESCALÕES	
2.1 Corpo de Exército (C Ex)	2-1
2.2 Escalão Divisão de Exército	2-2
2.3 Escalão Brigada	2-4
2.4 Escalão Unidade e Subunidade Independente	2-6
2.5 Escalão Subunidade Incorporada	2-8
2.6 Escalão Pelotão	2-9
2.7 Escalão Grupo/Seção	2-10
 CAPÍTULO III - ENLACES DE COMUNICAÇÕES SEM FIO POR RADIOFREQUÊNCIA	
3.1 Considerações Gerais	3-1
3.2 Planejamento para Estabelecimento dos Enlaces	3-1
3.3 Procedimentos para Estabelecimento dos Enlaces	3-5
3.4 Problemas Comuns e Soluções para os Enlaces	3-6
3.5 Garantia da Continuidade dos Enlaces	3-8
 CAPÍTULO IV - TÉCNICAS COM ANTENAS	
4.1 Visão Geral	4-1
4.2 Fundamentos de Antenas	4-2
4.3 Considerações sobre Instalação de Antenas	4-15
 CAPÍTULO V - PROCEDIMENTOS DO RÁDIO OPERADOR	
5.1 Instruções Gerais de Operação	5-1
5.2 Etapas Básicas	5-1
5.3 Segurança na Operação de Equipamentos Rádio	5-2
5.4 Aspectos a Observar na Operação de Equipamento Rádio	5-2
5.5 Pronúncia de Letras e Algarismos	5-3
5.6 Prescrições Diversas	5-7
 CAPÍTULO VI - GUERRA ELETRÔNICA E TÉCNICAS DE PROTEÇÃO	
6.1 Considerações Iniciais	6-1
6.2 Campos de Atuação da Guerra Eletrônica	6-1

6.3 Ramos de Atuação da Guerra Eletrônica	6-4
6.5 Procedimentos de MPE	6-7
6.6 Tecnologias de MPE	6-13

CAPÍTULO I

O CONJUNTO RÁDIO

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 O rádio constitui o principal meio de comunicações de muitas unidades táticas. Ele é utilizado para comando, direção de tiro, troca de informações, administração e ligação entre unidades ou no âmbito das mesmas, como também é empregado nas comunicações entre aviões em voo e entre estes e as unidades em terra.

1.1.2 As comunicações por rádio são particularmente adaptáveis às operações caracterizadas pelo dinamismo das ações.

1.1.3 As comunicações com unidades altamente móveis, tais como navios, aviões ou carros de combate, seriam extremamente difíceis se não fosse possível utilizar o rádio.

1.2 COMPOSIÇÃO DO CONJUNTO RÁDIO

1.2.1 TRANSCCEPTOR:

1.2.1.1 É o dispositivo central do conjunto rádio (Cj Rad), responsável por transmitir e receber ondas de rádio. O transceptor combina funções de transmissão e recepção em um único dispositivo.

1.2.1.2 Converte a voz ou os dados em ondas de rádio e os envia pelo campo eletromagnético.

1.2.2 ANTENA:

1.2.2.1 A antena é o componente do Cj Rad responsável por irradiar e captar as ondas de rádio.

1.2.2.2 Converte os sinais elétricos do transceptor em ondas de rádio para transmissão e converte as ondas de rádio recebidas em sinais elétricos para o transceptor processar.

1.2.3 FONTE DE ENERGIA:

1.2.3.1 O Cj Rad requer uma fonte de energia para alimentar o transceptor e outros componentes eletrônicos.

1.2.3.2 Pode ser uma bateria recarregável, uma fonte de energia externa ou uma combinação de ambas, dependendo da aplicação e da portabilidade do Cj Rad.

1.2.4 ACESSÓRIOS:

1.2.4.1 Dependendo da finalidade e do uso específico do conjunto de rádio, podem ser

necessários acessórios adicionais.

1.2.4.2 Pode incluir fones de ouvido, microfones, alto-falantes externos, adaptadores de energia, cabos de conexão, suportes de montagem e outros itens que facilitam a operação e a conectividade do conjunto de rádio.

1.2.5 INTERFACE DE USUÁRIO:

1.2.5.1 O conjunto de rádio pode apresentar uma interface de usuário, que pode ser composta por botões, mostradores, tela LCD ou outros elementos de controle.

1.2.5.2 A interface de usuário permite aos operadores configurar e controlar as funções do conjunto de rádio, como selecionar canais, ajustar o volume e acessar recursos adicionais.

1.2.6 SOFTWARE E FIRMWARE:

– Alguns conjuntos de rádio podem incluir software ou firmware embutido para operação avançada, como programação de canais, configurações personalizadas, acesso a redes de comunicação específicas e outros recursos específicos do modelo.

1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

1.3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.3.1.1 O EB emprega uma variedade de rádios táticos (Rad Tat) e formas de onda (Ex: FIX, ANW2C, TGW2) que são adequadas a cada tipo de operação a ser realizada.

1.3.1.2 Os Rad Tat são essenciais nas operações militares da atualidade. Comandantes dos diversos níveis necessitam de informações rápidas e íntegras para incrementar a consciência situacional do ambiente operacional.

1.3.1.3 Os rádios táticos proporcionam a capacidade de enviar e receber comunicações de voz e dados com rapidez e segurança e, por isso, é o principal meio para os militares se comunicarem durante as operações.

1.3.2 AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS QUE OS RÁDIOS EMPREGADOS EM SITUAÇÕES TÁTICAS DEVEM TER SÃO:

1.3.2.1 Possuir portabilidade e resistência, dessa forma, devem ser leves, robustos e suportar condições adversas, como impactos, vibrações, poeira, umidade e temperaturas extremas, a fim de garantir a operacionalidade no campo.

1.3.2.2 Possuir criptografia, a fim de proporcionar segurança na comunicação, oferecendo recursos que possibilitam a proteção contra interceptação e garantir a confiabilidade das mensagens transmitidas.

1.3.2.3 Possuir canais múltiplos, permitindo a segmentação e a organização da comunicação em diferentes grupos, possibilitando coordenações diversas, dependendo

da demanda de cada operação.

1.3.2.4 Possuir geolocalização, capacitando o monitoramento do escalão superior e integração com outras tecnologias.

1.3.2.5 Possuir compatibilidade com diferentes tipos de rádio e sistemas a fim de suportar diferentes protocolos.

1.3.2.6 Possuir a capacidade de operar em conexão com rede de computadores, de forma a proporcionar flexibilidade ao planejador e ampliar as distâncias de conexão.

1.3.2.7 Possuir capacidade de oferecer diferentes modos de transmissão, como voz, dados e mensagens.

1.3.2.8 Os rádios mais utilizados em operações operarem em alta frequência (HF), frequência muito alta (VHF) e frequência ultra alta (UHF).

1.3.3 VANTAGENS E LIMITAÇÕES

1.3.3.1 Vantagens

1.3.3.1.1 Normalmente, os meios de comunicações pelo rádio podem ser instalados mais rapidamente que outros meios de comunicações 1. Por esse motivo, o rádio é amplamente utilizado como meio principal de comunicações nos estágios iniciais das operações de combate e nas situações táticas de movimentação rápida.

1.3.3.1.2 O equipamento de rádio pode ser utilizado na própria viatura onde foi instalado, sem necessidade de posteriores reinstalações.

1.3.3.1.3 O rádio pode ser empregado sem qualquer demora, tanto por unidades móveis, aéreas, anfíbias ou terrestres, como por unidades terrestres estacionárias ou fixas.

1.3.3.1.4 O rádio se presta a muitas formas de operação, tais como a radiotelefonia, radiotelegrafia, radioteleimpressão e transmissão de dados e imagens.

1.3.3.1.5 A efetividade do rádio não está limitada pelos obstáculos naturais, nem pelo terreno sob controle ou fogo inimigo, na mesma medida em que o estão outros meios de comunicações.

1.3.3.1.6 Através da utilização de dispositivos de controle remoto, o operador pode situar-se a certa distância do aparelho que está operando. Isso proporciona maior segurança, tanto para o próprio operador quanto para a instalação e para o posto de comando (PC), servido pela estação.

1.3.3.2 Limitações

1.3.3.2.1 O rádio está sujeito a avarias e desarranjos do equipamento, bem como a interferências atmosféricas, ou ocasionadas por outros dispositivos eletrônicos, sendo essas últimas relativamente fáceis de serem provocadas.

1.3.3.2.2 Para funcionarem conjunto, as estações de rádio devem operar nas mesmas frequências ou, no mínimo, utilizando algumas frequências sobrepostas; devem transmitir e receber os mesmos tipos de sinais e estar localizadas dentro de um determinado alcance operacional.

1.4 PRINCIPAIS FORMAS DE EMPREGO

1.4.1 COMUNICAÇÃO ENTRE UNIDADES E SUBUNIDADES:

1.4.1.1 Os rádios são usados para estabelecer e manter a comunicação entre diferentes unidades militares, como batalhões, companhias, esquadrões e pelotões.

1.4.1.2 Isso permite a coordenação de operações e o compartilhamento de informações importantes.

1.4.2 COMANDO E CONTROLE:

1.4.2.1 Utilizados na transmissão de ordens e instruções de comando.

1.4.2.2 Os comandantes podem se comunicar diretamente com os escalões subordinados, transmitindo suas ordens, informações críticas, objetivos estratégicos e planos táticos.

1.4.3 SUPORTE DE FOGO:

1.4.3.1 Os rádios são usados para solicitar e coordenar apoio de fogo.

1.4.3.2 Isso envolve a transmissão de coordenadas de alvos, solicitação de suporte e ajuste de fogo.

1.4.4 OBSERVAÇÃO E RECONHECIMENTO:

1.4.4.1 Utilizados para relatar observações e informações de reconhecimento.

1.4.4.2 Isso pode incluir a transmissão de localização de tropas inimigas, movimentação inimiga, localização de alvos ou identificação de ameaças.

1.4.5 OPERAÇÕES ESPECIAIS:

1.4.5.1 Utilizados por forças especiais e unidades de operações especiais para comunicação entre membros da equipe.

1.4.5.2 A comunicação segura e criptografada é especialmente importante nessas situações.

1.4.6 COMUNICAÇÃO DE EMERGÊNCIA:

– Utilizados para comunicações de emergência, como solicitação de evacuação médica, chamadas de socorro ou pedidos de reforço.

1.5 QUADROS DOS GRUPOS RÁDIO DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Classificação dos Grupos Rádio de emprego no EB						Exemplos
Gp Rádio	Características Gerais					
	Clas	Fx Frq	Potência	Alcance Aprox	Emprego	
Gp 1	Ultraportátil	UHF (300 a 3000 Mhz)	0,25 a 3W (ajustável)	0,8 a 2 Km	Pequenas frações (exceto selva) Ligação Esq - GC - Pel	Conj Rad EB 11 RF 7850S Conj Rad EB 11 RF 7800S Conj Rad EB 11 TTP 1400 (IMBEL)
Gp 2	Portátil	VHF (30 a 300 Mhz)	0,25 a 10W (ajustável)	até 5 Km	Subunidade Ligação Pel - SU Pequenas frações de Selva	Conj Rad EB 11 RF 7800 V - HH Conj Rad EB 11 RF 7850 M - HH Conj Rad EB 11 RF 7800 M - HH Conj Rad EB 11 RF 7850 M - MP
Gp 3	Portátil	HF (1,6 a 30 Mhz)	Até 20W	Alcance de longas distâncias	Frações de Selva Ligações U e inferiores	Conj Rad EB 11 RF 7800 H - MP Conj Rad EB 11 MPR 9600 MP
Gp 4	Veicular /Fixo	VHF (30 a 300 Mhz)	Até 50W	até 40 Km	Ligação Bda - U Veículos Bld/Mec/Mtz	Conj Rad EB 11 RF 7800 V - V501 Conj Rad EB 11 RF 7850 M - V50X Conj Rad EB 11 RF 7850 M - V51X
Gp 5		HF (1,6 a 30 Mhz)	Até 150W	Alcance de longas distâncias	Ligação U e superiores Veículos Bld/Mec/Mtz	Conj Rad EB 11 RF 7800 H - V001
Gp 6	Fixo	HF (1,6 a 30 Mhz)	Até 1 KW	Alcance de longas distâncias	Sistema Estratégico de Comunicações (SEC) Rede Integrada de Comunicações em HF (RICH)	Conj Rad EB 11 RF 7800 H - B003 (Rede Rádio Fixa do SEC) Conj Rad URG - IV Rockwell Collins (HF celular da RICH)
Gp 7	Veicular /Móvel	SHF (3 a 30 GHz)	100W	Enlace de alta capacidade	Enlace de alta capacidade	Conj Rad EB 11 RF 7800 W - OU500
Gp 8	Portátil	HF/VHF/ UHF	0,25 a 10W	Até 30 Km (V/UHF) e Londas distâncias (HF)	Elm apoiado - Aeronave (equipamento terra-avião)	Conj Rad EB 11 RF 7800 V - HH Conj Rad EB 11 RF 7800 M - HH Conj Rad EB 11 RF 7850 M - MP Conj Rad EB 11 MPR 9600 - MP
Gp 9	Equipamento não enquadrado nas categorias					

Tab 1-1 - Classificação dos Grupos Rádio de emprego no EB

SAM (Sistema o Assinante Móvel)						Exemplos
ERB (estação Rádio Base						
Gp Rádio	Características Gerais					
	Clas	Fx Frq	Potência	Alcance Aprox	Emprego	
Gp E1	Móvel	UHF (300 a 3000 Mhz)	10 W	20 Km	Prioritariamente em Op Não-guerra Em todos os escalões; e Faz parte do SC2FTer	DVRS
Gp E2	Móvel Veicular		Até 100W	Até 30 Km		GTR 8000 Site Tático/LTE Tático
Gp E3	Transportável			Até 50 Km		Site Rebocável
Gp E4	Fixo				G Cmdo / GU Isolada	Site Fixo (SRDT/LTE Fixo)

Tab 1-2 - SAM (Sistema o Assinante Móvel)

TAM (Terminal de Acesso Móvel)						Exemplos
ERB (estação Rádio Base)						
Gp Rádio	Características Gerais					
	Clas	Fx Frq	Potência	Alcance Aprox	Emprego	
Gp M1	Portátil	UHF (300 a 3000 Mhz)	Até 5W	4 Km	Prioritariamente em Op Não-guerra Em todos os escalões; e Faz parte do SC2FTer	Rádios portáteis da família MOTOROLA (APX, etc) Eqp celulares (Lex)
Gp M2	Veicular/Fixo		Até 40W	20 Km		Rádios veiculares da família MOTOROLA (XTL e APX)

Tab 1-3 - TAM (Terminal de Acesso Móvel)

CAPÍTULO II

O EMPREGO DO RÁDIO NOS ESCALÕES

2.1 CORPO DE EXÉRCITO (C Ex)

2.1.1 Para estabelecimento de ligações com os escalões superiores, o Corpo de Exército pode se valer dos enlaces em HF como forma de contingência.

2.1.2 Os enlaces com o escalão subordinado são estabelecidos, prioritariamente, por enlaces satelitais.

2.1.3 Quando as distâncias envolvidas permitirem, pode ser prevista a instalação de malha nodal ou de repetidores de micro-ondas entre os Postos de Comando (PC).

2.1.4 Na área de PC é utilizado o Sistema de Assinante Móvel (SAM) para comunicação de voz e dados.

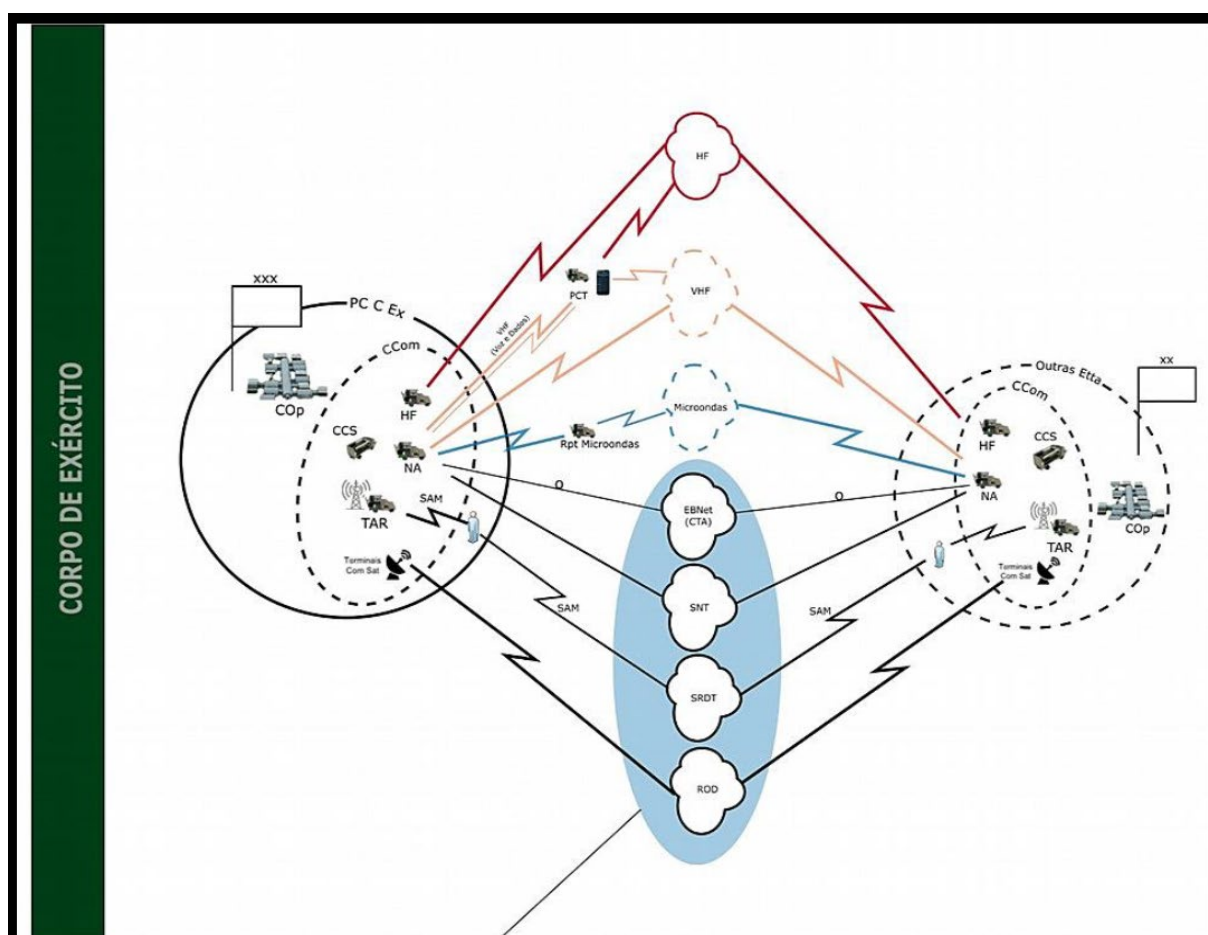


Fig 2-1 - Enlaces no Escalão C Ex

2.1.5 O Posto de Comando Tático (PCT) deve ser preparado e equipado com rádios que permitam a integração com o SAM e com a malha nodal, por meio dos Equipamentos

de Interface de Rede (EIR), além de meios satelitais, sempre que possível.

2.2 ESCALÃO DIVISÃO DE EXÉRCITO

2.2.1 Para o estabelecimento de ligações com os escalões superiores, os enlaces em HF/VHF são utilizados para acessar a malha nodal por meio dos Centros Nodais (CN).

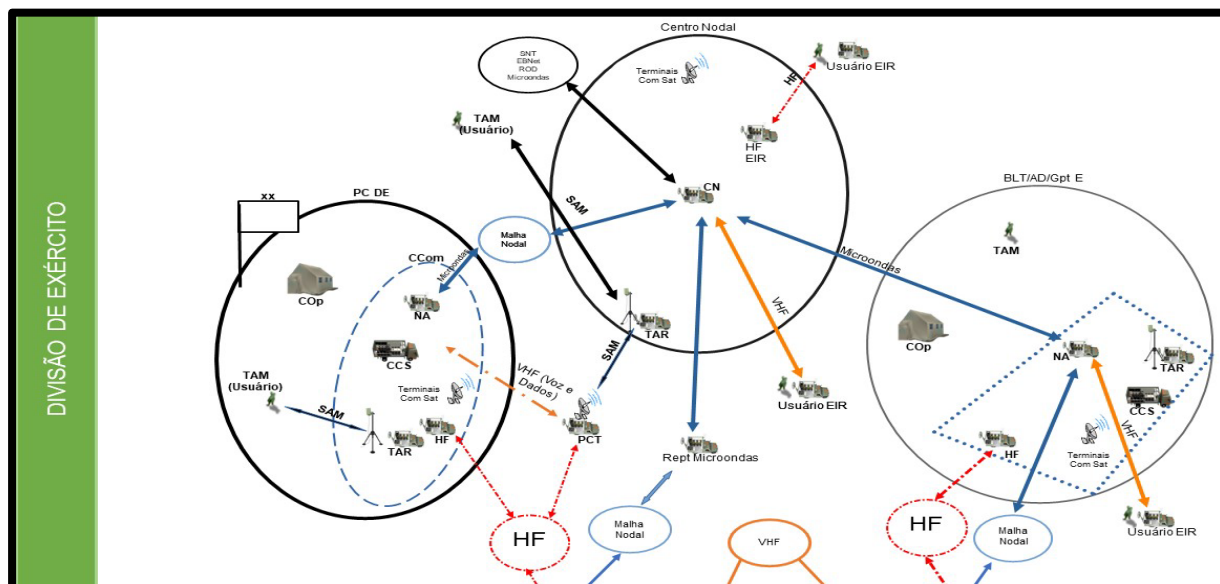


Fig 2-2 - Enlaces no Escalão DE

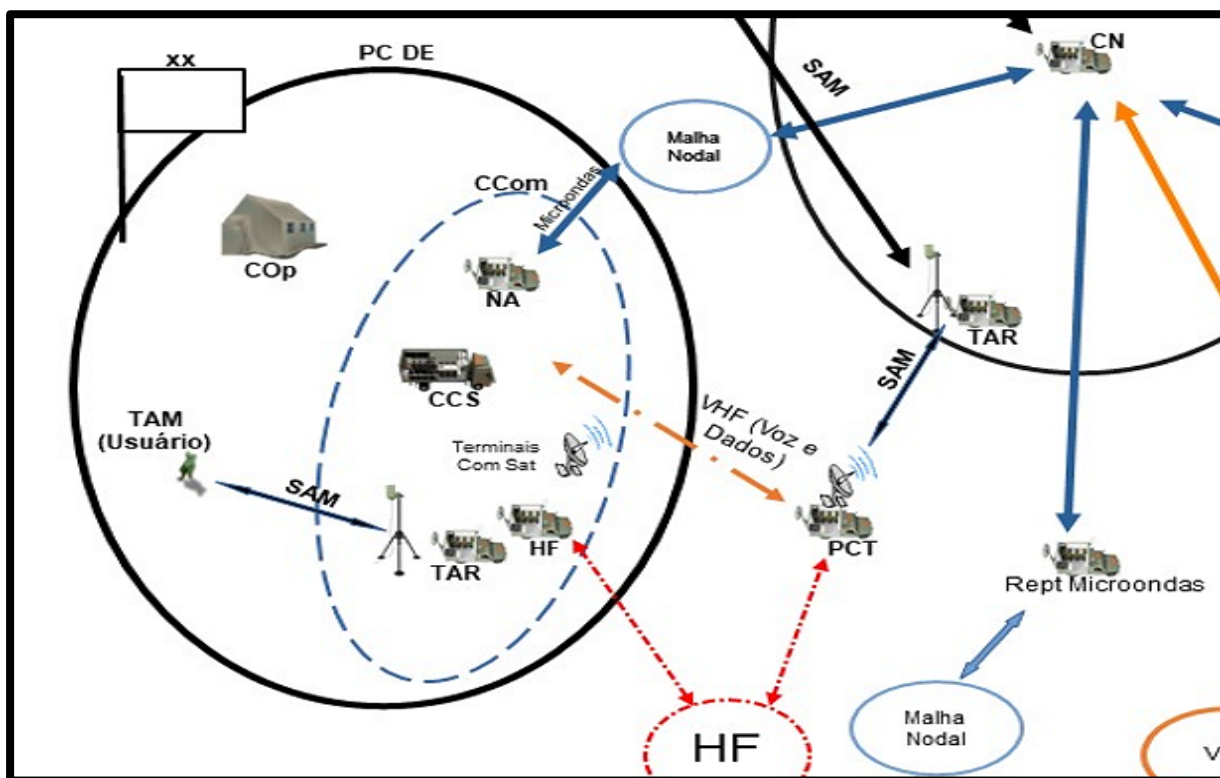


Fig 2-3 - Enlaces no Escalão DE

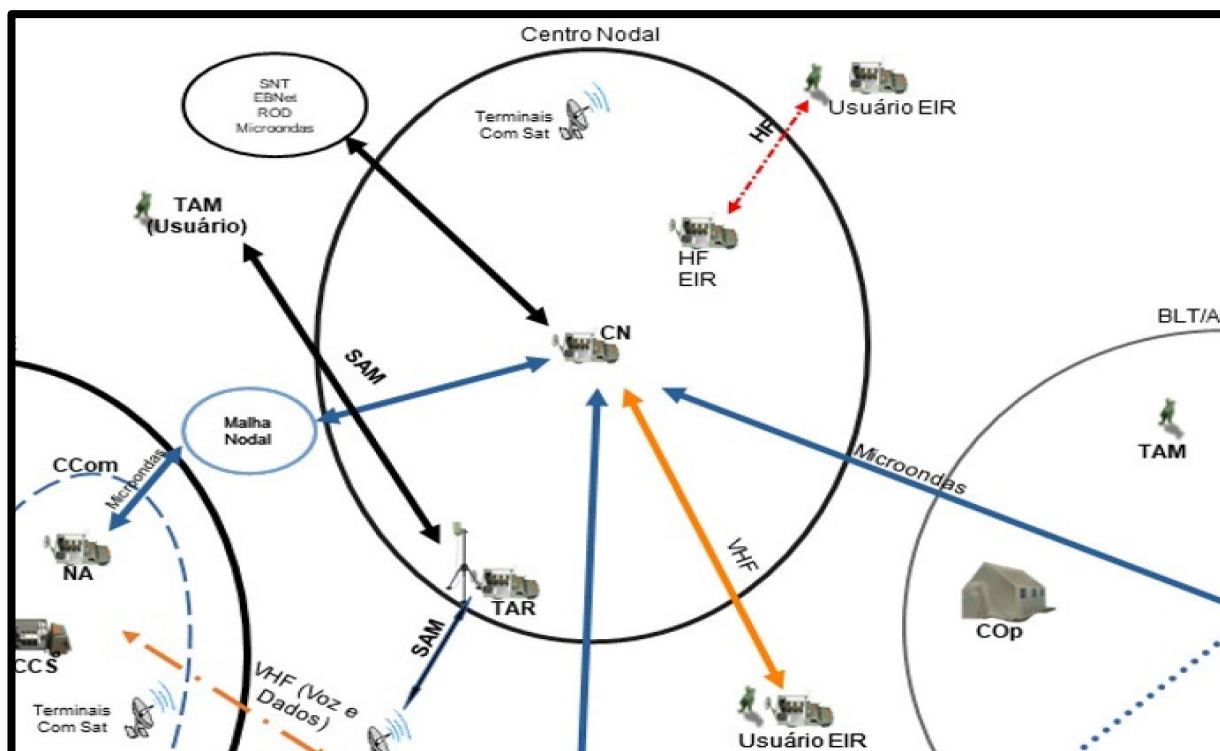


Fig 2-4 - Enlaces no Escalão DE

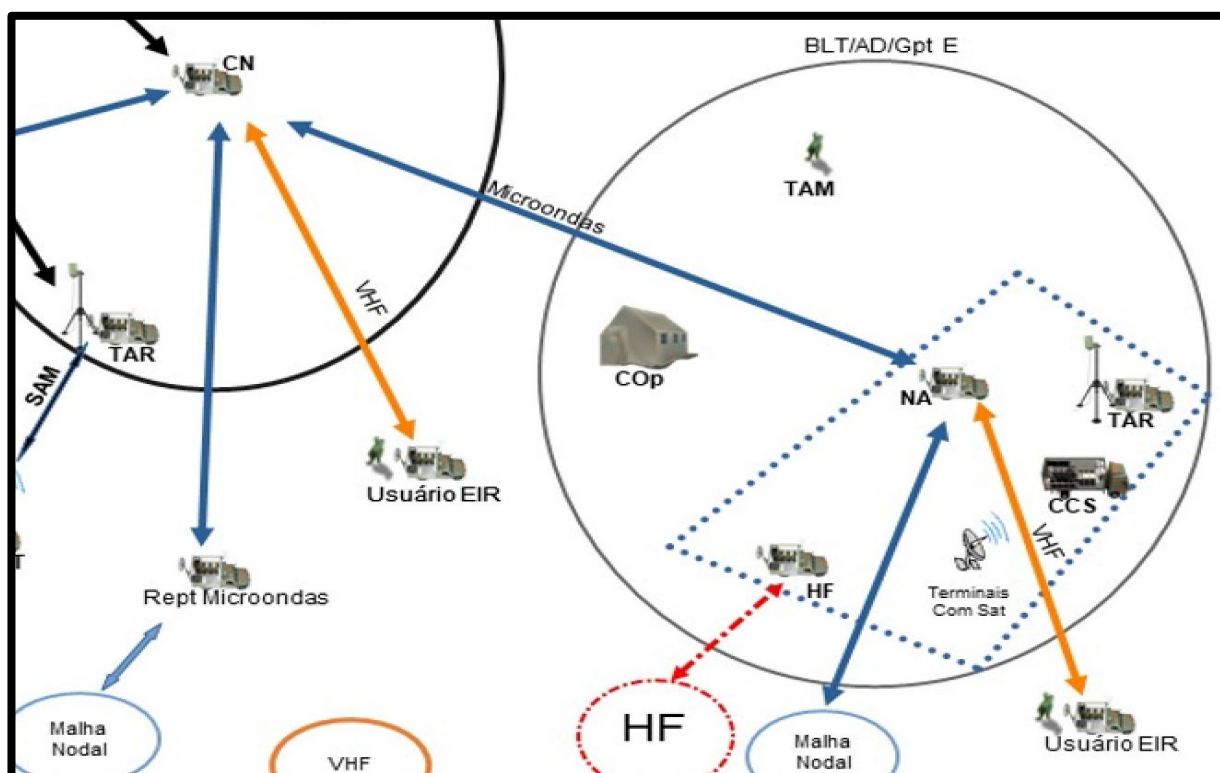


Fig 2-5 - Enlaces no Escalão DE

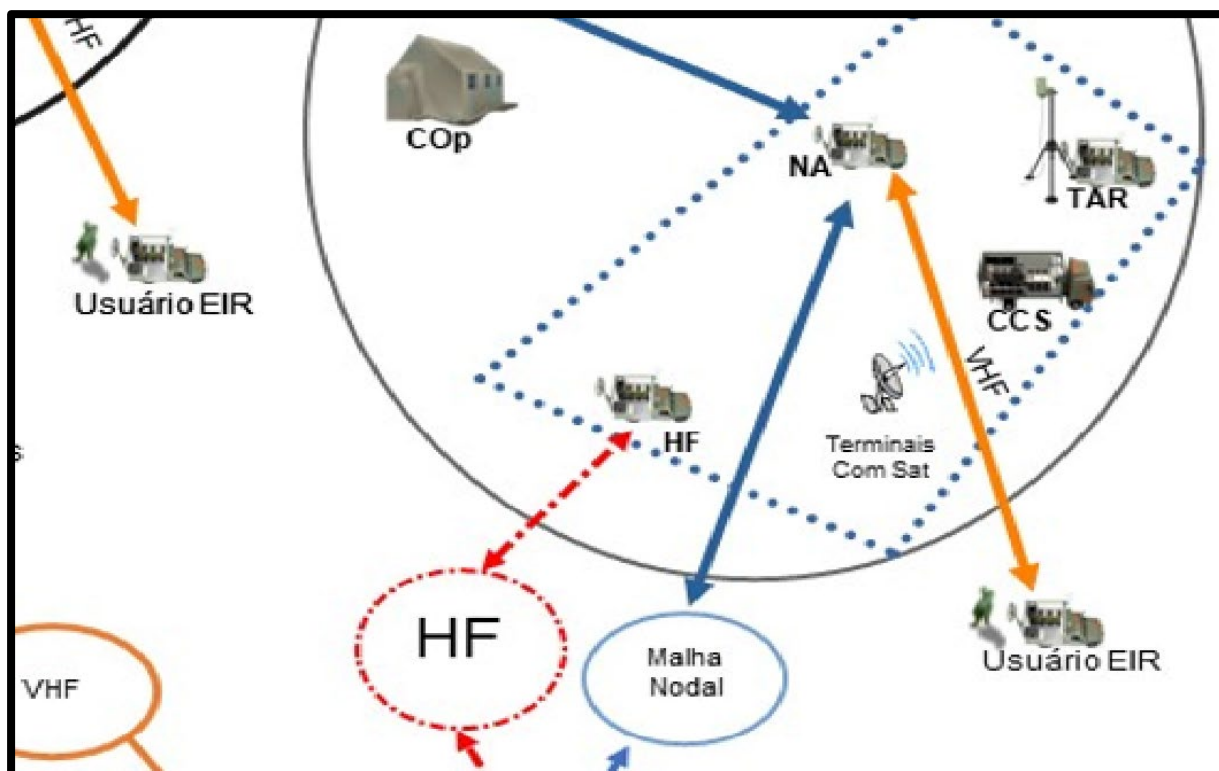


Fig 2-6 - Enlaces no Escalão DE

2.2.2 Para as ligações com os elementos subordinados, poderão ser empregados os enlaces em HF/VHF, por meio da malha nodal (SCA) da Divisão de Exército.

2.2.3 Poderão ser estabelecidos enlaces micro-ondas.

2.2.4 O PCT deve ser preparado e equipado com rádios que permitam a integração com o SAM e com a malha nodal, por meio dos EIR, além de meios satelitais, sempre que possível.

2.3 ESCALÃO BRIGADA

2.3.1 A integração do SC² da Brigada com o escalão superior é estabelecida, prioritariamente, pela malha nodal (SCA) da Divisão de Exército.

2.3.2 Essa integração poderá ocorrer, também, pelo SisTEx.

2.3.3 Além disso, será utilizada a infraestrutura local do PC para se integrar ao SNT e a rede pública de dados, caso haja disponibilidade. São estabelecidos enlaces HF/VHF como medida de contingência.

2.3.4 As ligações com os elementos subordinados e vizinhos são estabelecidas pela malha nodal (SCA) da DE, por meio de enlaces em micro-ondas.

2.3.5 Além disso, será utilizada a infraestrutura local onde está o PC, para se integrar ao SNT e a rede pública de dados, caso haja disponibilidade. Os enlaces em HF/VHF são utilizados como forma de contingência.

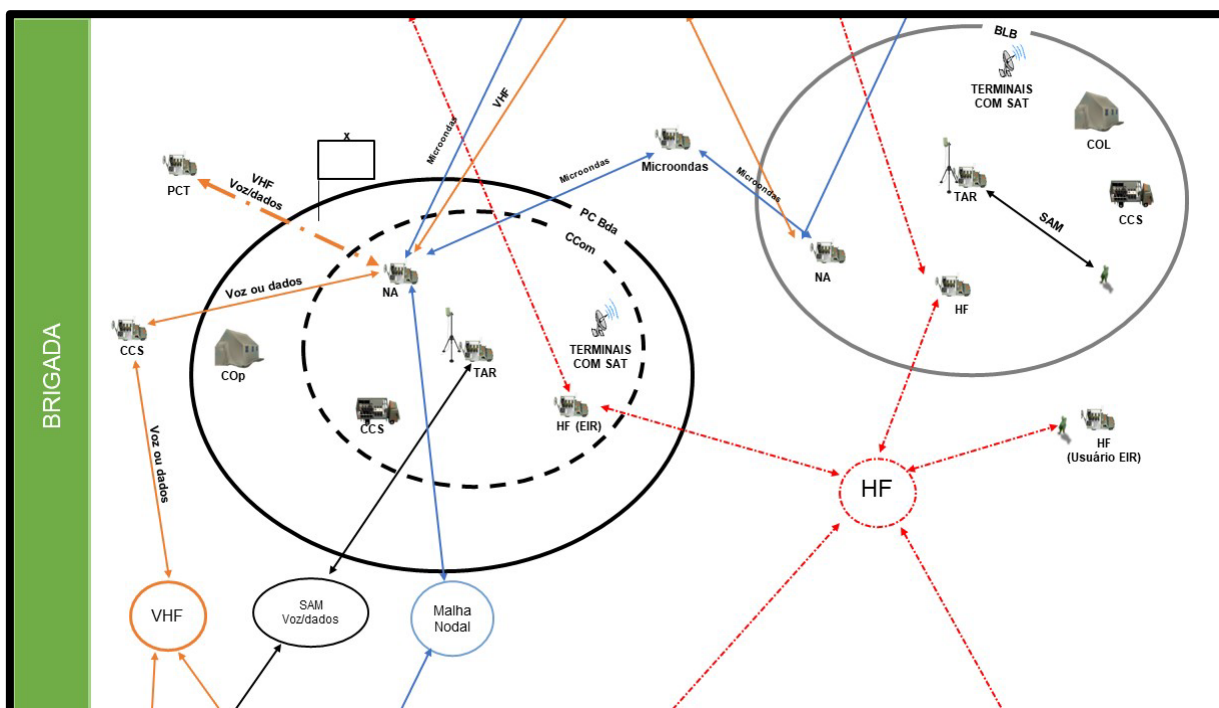


Fig 2-7 - Enlaces no Escalão Bda

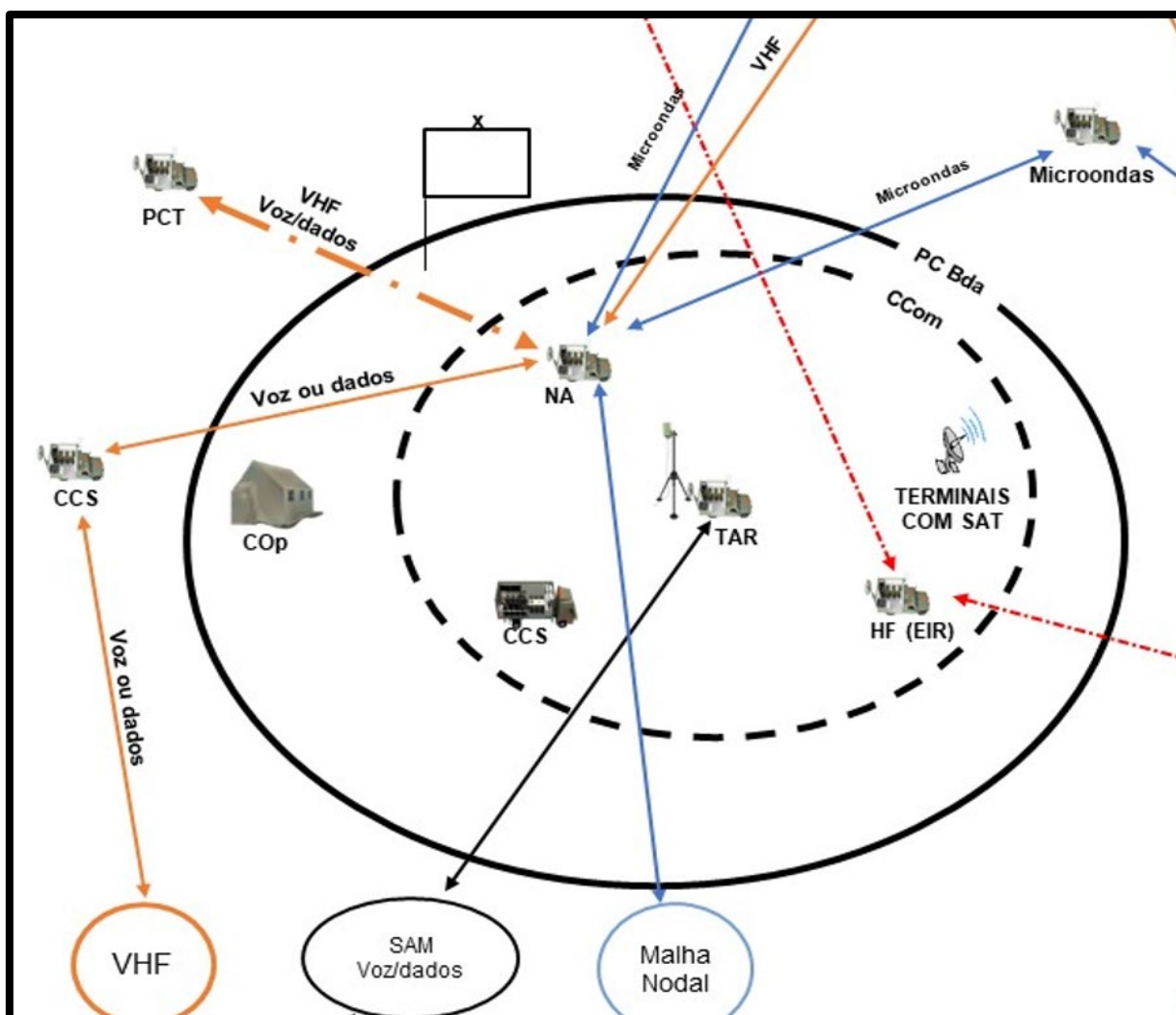


Fig 2-8 - Enlaces no Escalão Bda

2.3.6 A princípio, são desdobrados NA para cada elemento subordinado da Brigada, além da BLB.

2.3.7 Nas áreas de PC da Bda são utilizados o SAM para comunicação por voz e dados, que será disponibilizado pela ERB local.

2.3.8 O sistema físico será baseado em fibra óptica e em cabeamento estruturado de rede devendo se restringir as ligações entre os órgãos do PC.

2.3.9 O PCT deve ser preparado e equipado com rádios que estabeleçam enlaces VHF (voz e dados) com o NA, além de meios satelitais, sempre que possível.

2.4 ESCALÃO UNIDADE E SUBUNIDADE INDEPENDENTE

2.4.1 A integração do SC² das U e SU independentes com o escalão superior é estabelecida, prioritariamente, pelo NA desdobrado na área de PC dessas OM.

2.4.2 Além disso, será utilizada a infraestrutura local do PC para se integrar ao SNT e a rede pública de dados, caso haja disponibilidade.

2.4.3 São estabelecidos, também, enlaces em HF/VHF que podem ser utilizados como forma de contingência para acessar a malha nodal.

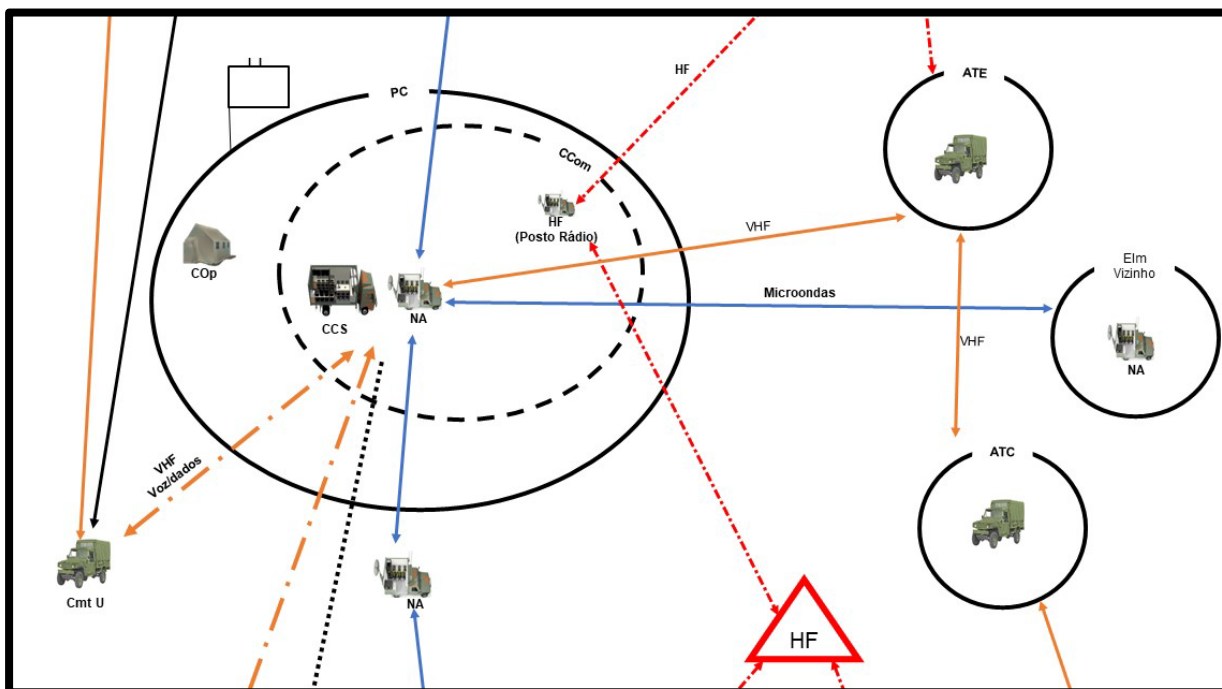


Fig 2-9 - Enlaces no Escalão U e SU independentes

2.4.4 As ligações com os elementos subordinados e vizinhos são estabelecidas por meio de enlaces de HF/VHF.

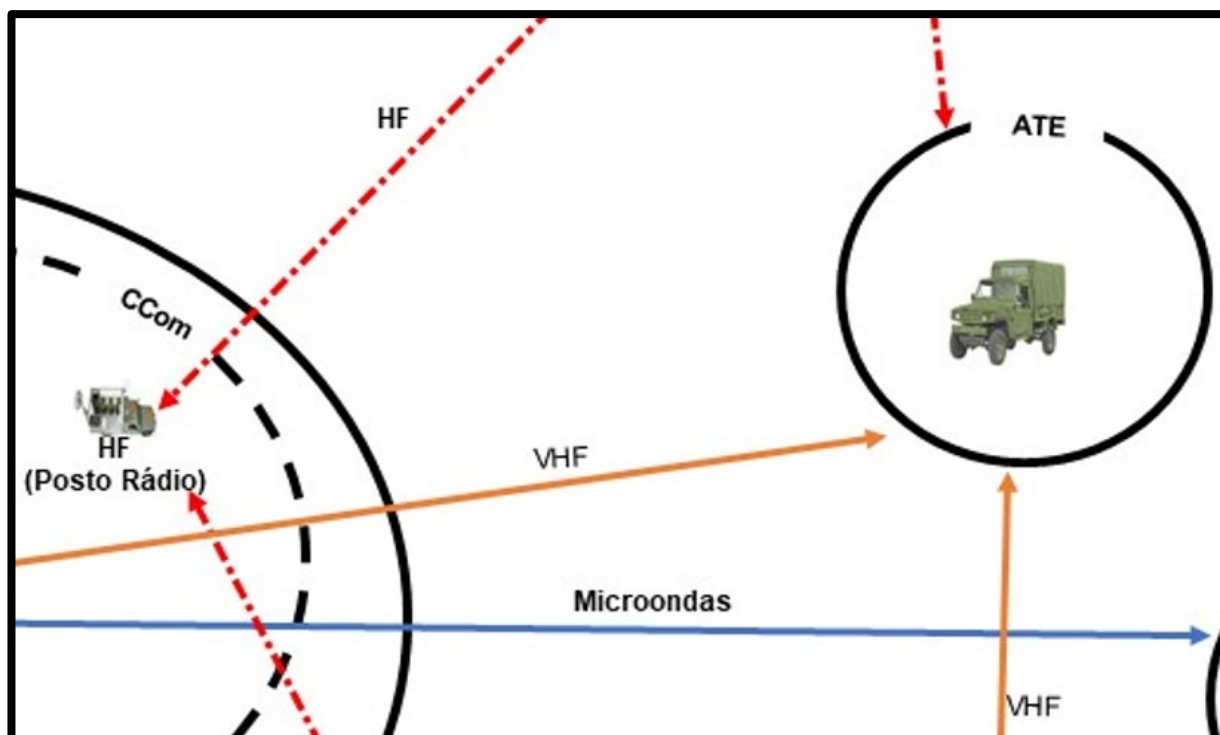


Fig 2-10 - Enlaces no Escalão U e SU independentes

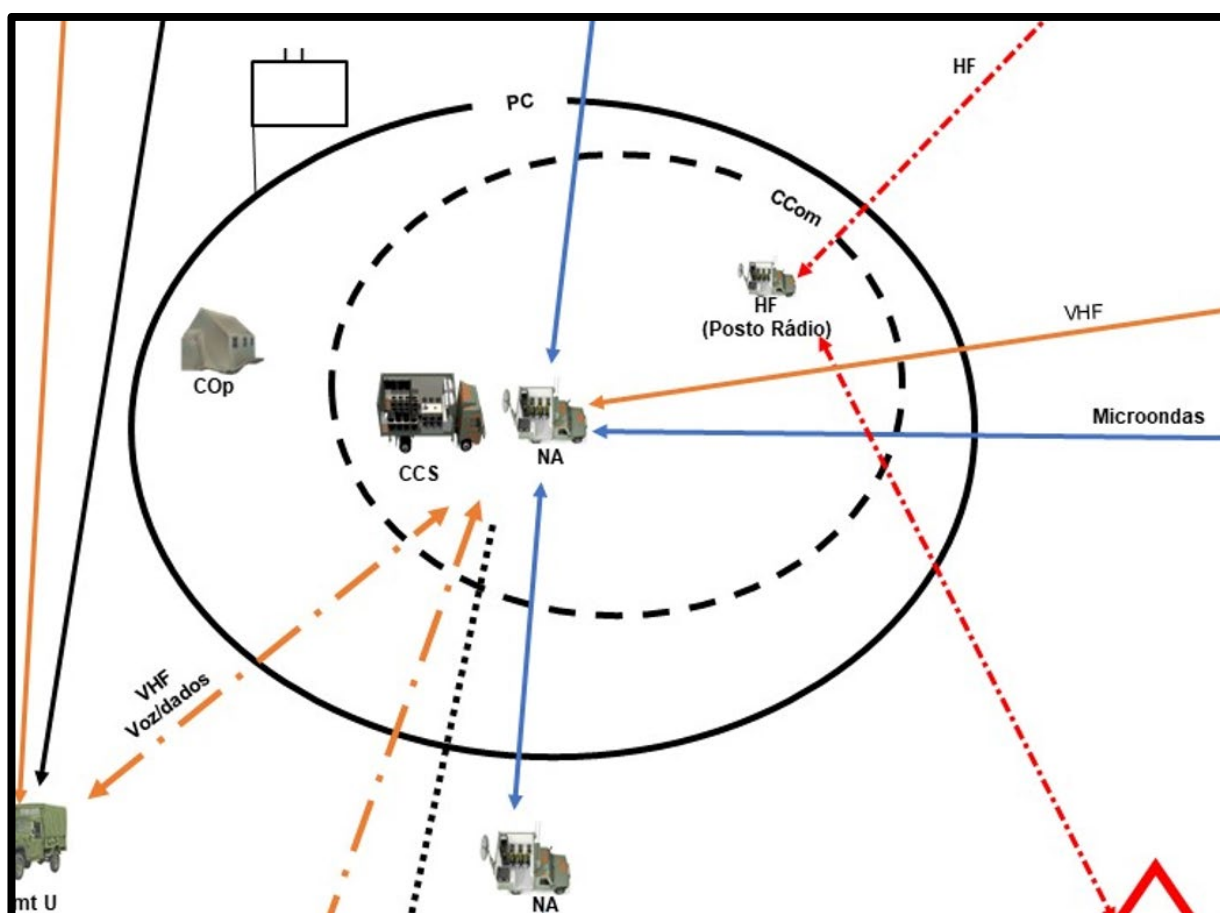


Fig 2-11 - Enlaces no Escalão U e SU independentes

2.4.5 Além disso, será utilizada a infraestrutura local onde está o PC, para se integrar

ao Sistema Nacional de Telecomunicações (SNT) e a rede pública de dados, caso haja disponibilidade.

2.4.6 A partir desses escalões, admite-se o emprego do sistema físico para ligações com os elementos e órgãos subordinados, principalmente, nas operações mais estáticas.

2.4.7 As Áreas de Trens de Estacionamento (ATE) fazem ligação com o PC e a ATC por meio de enlaces VHF/HF.

2.4.8 Na área de PC das U e SU independentes, são utilizados os enlaces em UHF ou VHF para comunicação por voz.

2.4.9 O SAM com capacidade de transmissão voz/dados poderá ser disponibilizado para atender as demandas do PC.

2.4.10 O PCT do Cmt deve ser preparado e equipado com rádios que permitam a integração com o SAM (voz e dados) e com o NA disponível no PC, além de meios satelitais sempre que possível.

2.5 ESCALÃO SUBUNIDADE INCORPORADA

2.5.1 A integração do Sistema de Comando e Controle (SC²) das SU incorporadas com o escalão superior é estabelecida pelos enlaces de HF/VHF.

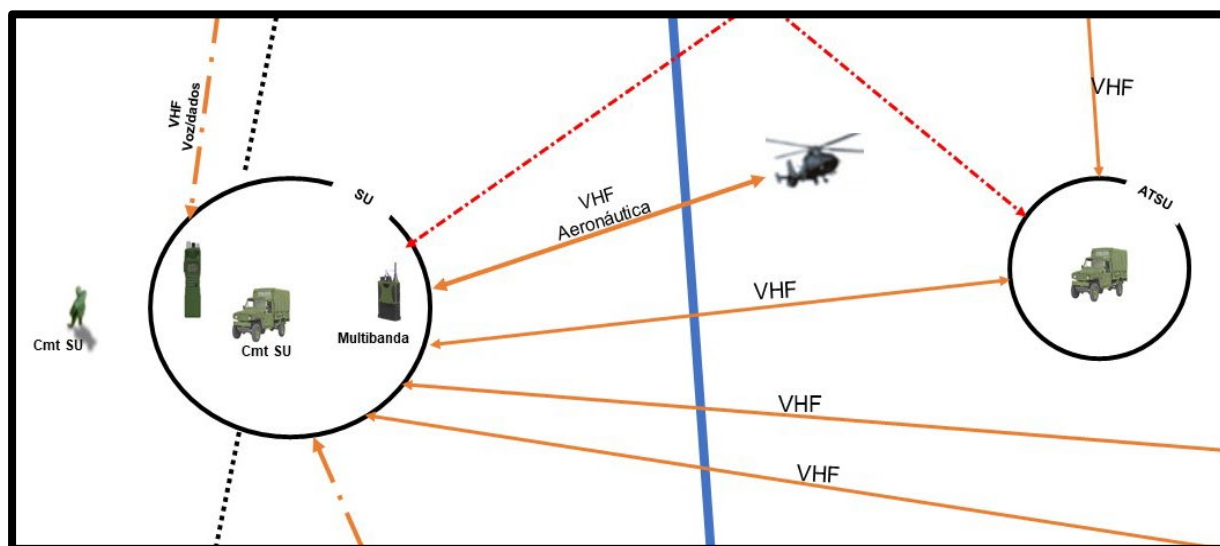


Fig 2-12 - Enlaces no Escalão SU incorporada

2.5.2 Será utilizada, ainda, a infraestrutura local do PC da SU, para se integrar ao SNT e à rede pública de dados, caso haja disponibilidade.

2.5.3 As ligações com os elementos subordinados e os vizinhos são estabelecidas por meio de enlaces de HF/VHF.

2.5.4 As áreas de trens de estacionamento (ATE) fazem ligação com o PC e a ATC por meio de enlaces VHF/HF.

2.5.5 Na área de PC das SU, são utilizados os enlaces em UHF para comunicação por voz. O SAM, com capacidade de transmissão de voz, poderá ser disponibilizado para atender as demandas do PC.

2.5.6 O PCT do Cmt deve ser preparado e equipado com rádios que permitam a integração com o SAM (voz e dados) e com o NA disponível no PC, além de meios satelitais sempre que possível.

2.6 ESCALÃO PELOTÃO

2.6.1 A integração do SC² dos pelotões com o escalão superior é estabelecida pelos enlaces de VHF.

2.6.2 Em frações com características de emprego a grandes distâncias, esses enlaces podem ser substituídos por meios de HF que, entretanto, terão limitação para a transmissão de dados, que deve se limitar ao posicionamento dos seus elementos.

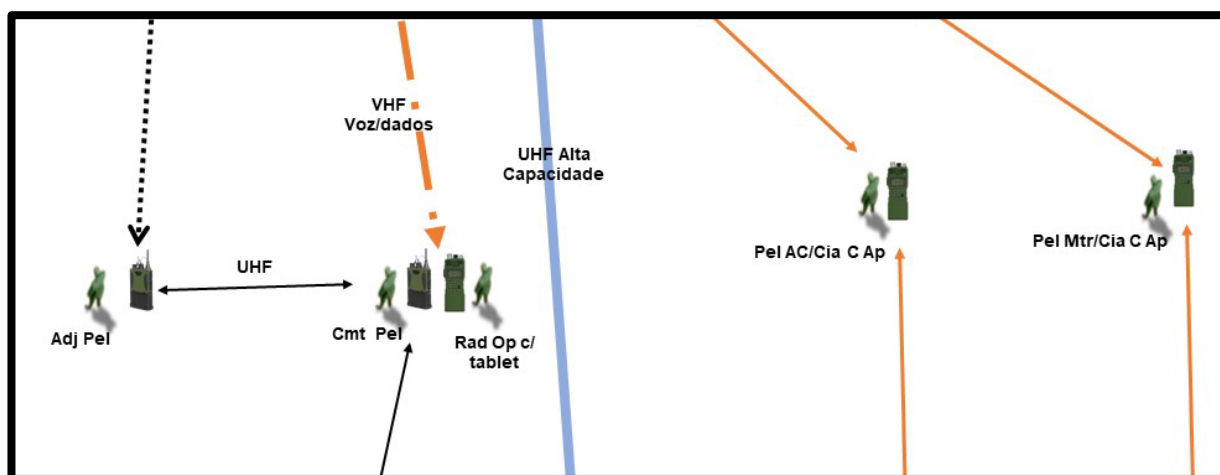


Fig 2-13 - Enlaces no Escalão Pel

2.6.3 As ligações com os grupos de combate (GC) são estabelecidas por meio de enlaces de UHF nas tropas leves, ou VHF, nas tropas mecanizadas e blindadas. Já com os elementos de apoio serão utilizados enlaces de VHF, devido à necessidade de maior alcance.

2.6.4 São empregados, ainda, meios físicos para o estabelecimento de enlaces com os elementos e órgãos subordinados, principalmente nas operações mais estáticas.

2.6.5 Em princípio, os serviços disponibilizados no escalão pelotão são:

- a) comunicações por voz;
- b) Família de Aplicativos do Comando e Controle da Força Terrestre (FAC²FTer); e
- c) equipamentos com tecnologia de geolocalização que possibilitem compartilhar a

posição geográfica dos elementos que se deslocam por estradas ou rios com relativa facilidade e precisão, contribuindo para a manutenção da consciência situacional.

2.7 ESCALÃO GRUPO/SEÇÃO

2.7.1 O estabelecimento do SC² dos GC com os pelotões ocorre por meio de enlaces de UHF nas tropas leves, ou VHF, nas tropas mecanizadas e blindadas.

2.7.2 Na ligação com os elementos de apoio, poderão ser utilizados enlaces de VHF, devido à necessidade de maior alcance.

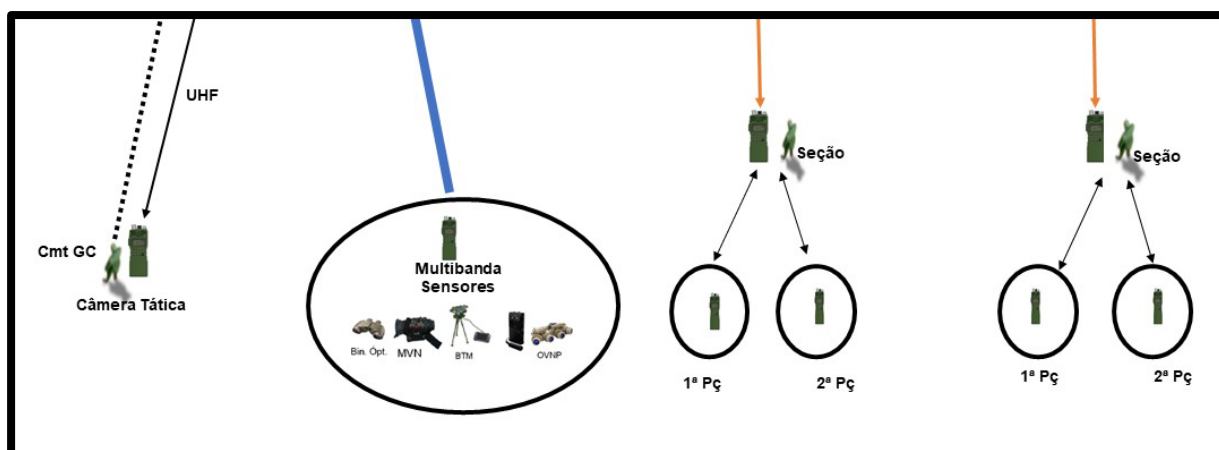


Fig 2-14 - Enlaces no Escalão Fração

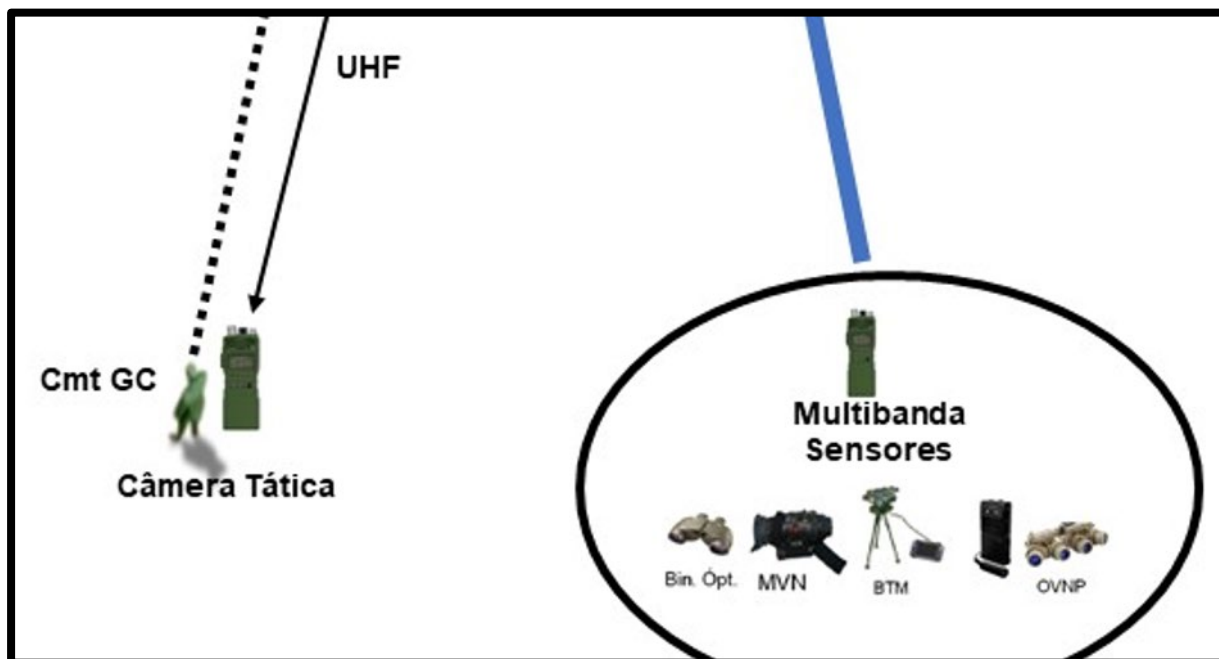


Fig 2-15 - Enlaces no Escalão Fração

CAPÍTULO III

ENLACES DE COMUNICAÇÕES SEM FIO POR RADIOFREQUÊNCIA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

3.1.1 O conceito de enlaces de comunicações é o estabelecimento da conexão física ou lógica entre diferentes dispositivos ou sistemas de comunicações permitindo troca de informações.

3.1.2 Neste manual será abordado a vertente dos enlaces de comunicações sem fio por radiofrequência (meio rádio).

3.1.3 Dessa forma, nos capítulos adiante, o termo “enlace” se refere ao estabelecido através de radiofrequência.

3.1.4 OS ENLACES DE COMUNICAÇÕES PODEM SER CLASSIFICADOS QUANTO:

- a) ao canal de transmissão;
- b) à distância entre os terminais;
- c) ao número de pontos de comunicações;
- d) à topologia;
- e) à direção da comunicação;
- f) ao modo de transmissão;
- g) ao sincronismo;
- h) à latência;
- i) à taxa de transmissão ou velocidade;
- j) ao tipo de conexão;
- k) ao tipo de sinal;
- l) à segurança;
- m) à confiabilidade; e
- n) à linha de visada ou linha de visibilidade.

3.1.5 As características e os conceitos relacionados aos diversos enlaces de comunicações estão detalhadas no MT- Manual Técnico Conceitos Elementares de Comunicações.

3.2 PLANEJAMENTO PARA ESTABELECIMENTO DOS ENLACES

3.2.1 ESCOLHA DO LOCAL DE OPERAÇÃO

3.2.1.1 Os postos ou as estações de rádio devem estar localizados em posições que assegurem sua comunicação com todos os demais da rede.

3.2.1.2 A escolha do local do posto está condicionada:

- a) à observância de exigências técnicas, relacionadas com o ambiente operacional e as características do equipamento, bem como; de
- b) exigências táticas, determinadas pelo tipo de operação e situação tática.

3.2.1.2.1 Exigências técnicas

a) Quanto ao relevo

- 1) As montanhas, as colinas e as demais elevações do terreno circundante limitam, geralmente, o alcance do equipamento rádio.
- 2) Em terreno montanhoso devem, portanto, ser preferidas posições situadas nas partes altas, evitando-se aquelas localizadas nas bases de penhascos, vales e depressões profundas.
- 3) Para operar em frequência superiores a 30 MHz, deve ser escolhida, sempre que possível, uma posição que permita a comunicação em linha de visada.

b) Quanto ao terreno:

- 1) O tipo de terreno existente entre postos-rádio de campanha tem influência sobre a condutividade da onda terrestre.
- 2) Dado seu baixo poder de absorção, as planícies e as campinas possuem um alto grau de condutividade, o mesmo ocorrendo com as grandes extensões de água.
- 3) O terreno montanhoso, acidentado ou quebrado, é geralmente de baixa condutividade.
- 4) Nas áreas onde existem grandes depósitos de minérios, ravinas ou vales profundos, a onda terrestre pode ser completamente absorvida pelo solo.
- 5) O posto-rádio, sempre que possível, deve ser instalado nas proximidades de um terreno úmido.

c) Quanto à vegetação:

- 1) As árvores de folhagem densa absorvem as ondas de rádio e as de foliação estacionais causam efeito mais adverso que as de foliação perene.
- 2) A antena deve manter-se afastada de qualquer folhagem ou mato denso.

d) Obstruções artificiais

- 1) Prédios localizados entre os postos-rádio, particularmente os de estrutura de aço ou concreto, perturbam a transmissão e a recepção.
- 2) Não se deve escolher uma posição dentro de um túnel, ou sob um viaduto ou ponte de aço.
- 3) A transmissão e a recepção, sob tais condições, são quase impossíveis, por causa da alta absorção das ondas de RF.
- 4) Todos os tipos de linha de postejamento, tais como de alta tensão, devem ser evitadas quando da escolha da localização de um posto-rádio.
- 5) Tais tipos de linhas absorvem energia das estações emissoras localizadas em sua vizinhança e introduzem, também, interferência de ruídos nas receptoras.

3.2.1.2.2 Exigências táticas

- a) Os postos-rádio ou o sítio de antenas devem estar localizados fora da área do PC que eles servem.
- b) Dessa forma, o tiro de artilharia pesada, os mísseis, ou os bombardeios aéreos dirigidos contra eles, em consequência de sua localização pela guerra eletrônica inimiga, não atingirão a área do PC.
- c) As posições escolhidas devem oferecer as melhores condições possíveis de proteção e camuflagem, compatíveis com a boa transmissão e recepção.
- d) Uma proteção e camuflagem perfeitas podem prejudicar essas operações.
- e) O grau permissível de deficiência de operação depende do alcance requerido, da potência do transmissor, da sensibilidade do receptor, da eficiência do sistema de antena e das condições do terreno.
- f) Quando a distância a ser coberta pelo posto é muito menor que seu alcance real, pode sacrificar-se algo da eficiência operacional do equipamento a fim de melhor ocultá-lo da observação inimiga.

3.2.1.2.3 É muito difícil escolher um lugar que satisfaça a todas as exigências técnicas e táticas da instalação de um equipamento-rádio. Cabe ao rádio operador realizar um estudo de situação, antes da escolha do local de operação, de modo a conciliar todos os aspectos estudados.

3.2.1.2.4 É também uma boa ideia escolher dois lugares, um principal e outro alternativo; dessa forma, se o equipamento não apresentar um bom rendimento na primeira posição, poderá apresentar na segunda.

3.2.2 A FREQUÊNCIA DE OPERAÇÃO

3.2.2.1 A onda terrestre é a mais comumente utilizada nas radiocomunicações de campanha. O alcance da onda terrestre vai reduzindo-se à medida que a frequência operacional do transmissor aumenta.

3.2.2.2 Quando o transmissor opera em frequência acima dos 30 MHz, as distâncias ficam, geralmente, reduzidas a algo mais que as correspondentes à linha de visada.

3.2.2.3 A escolha da frequência mais indicada, para as redes que operam por onda espacial, depende do clima, da estação do ano e da hora, tendo-se o cuidado de evitar que a estação receptora fique dentro da zona de silêncio.

3.2.3 A POTÊNCIA DE TRANSMISSÃO

3.2.3.1 O alcance da transmissão do sinal é proporcional à energia irradiada pela antena.

3.2.3.2 A um aumento de energia corresponde um aumento do alcance e vice-versa.

3.2.3.3 Em condições normais de operação, o transmissor deve alimentar a antena com

energia suficiente para estabelecer uma comunicação satisfatória com o posto receptor.

3.2.3.4 Uma transmissão mais forte que a necessária abre uma brecha na segurança das comunicações porque a posição do transmissor poderá ser mais facilmente localizada pela guerra eletrônica inimiga.

3.2.3.5 Além disso, o sinal forte demais poderá interferir na transmissão de outros postos amigos operando na mesma frequência.

3.2.4 A ANTENA UTILIZADA

3.2.4.1 Para obter a máxima transferência de energia, a antena deve ter o comprimento adequado à frequência operacional.

3.2.4.2 O tipo de terreno em que a antena está instalada determina, em parte, a forma de irradiação e, conseqüentemente, afeta a direcionalidade da antena e o alcance máximo possível da transmissão na direção desejada.

3.2.4.3 A posição da antena deve ser mudada, sempre que possível, tantas vezes quantas necessárias para determinar a posição ótima de operação, de forma a ser irradiado o máximo de energia na direção desejada.

3.2.5 A DISTÂNCIA ENTRE AS ESTAÇÕES

3.2.5.1 Os equipamentos-rádio possuem um alcance de utilização.

- Para uma operação satisfatória, além dos fatores anteriormente analisados, é necessário que as estações estejam localizadas dentro do alcance de utilização dos equipamentos.

3.2.5.2 O alcance das transmissões não se limita, no entanto, ao previsto nos manuais de utilização e emprego do equipamento-rádio.

3.2.5.3 Dependendo da energia irradiada, da antena e do local do posto, além de outros fatores, elas extrapolam aqueles valores. Isto significa que se pode estabelecer uma radiocomunicação com uma estação localizada além da distância operacional de emprego.

3.2.5.4 Quando são utilizadas ondas espaciais, devem ser consideradas as características da zona de silêncio.

3.2.5.5 Operando-se em certas frequências, existem determinadas horas, do dia ou da noite, em que a estação receptora pode ficar dentro da zona de silêncio e, conseqüentemente, pode não receber o sinal irradiado pela antena transmissora.

3.2.6 CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

3.2.6.1 As condições atmosféricas, como chuva, neblina e tempestades, podem afetar a propagação do sinal de rádio. Esses fenômenos climáticos podem causar atenuação adicional do sinal e interferência.

3.2.6.2 Em casos extremos, como em tempestades elétricas, pode haver riscos de danos aos equipamentos.

3.2.6.3 É importante considerar esses fatores e escolher dispositivos e frequências que sejam menos afetados pelas condições atmosféricas.

3.2.7 CAPACIDADE DE TRANSMISSÃO

3.2.7.1 A capacidade de transmissão do enlace de comunicações é determinada pela largura de banda disponível e pela taxa de transferência de dados suportada pelo sistema.

3.2.7.2 É fundamental dimensionar a capacidade de transmissão de acordo com os requisitos de largura de banda da aplicação, considerando a quantidade de dados a serem transmitidos e o número de dispositivos envolvidos.

3.2.8 REQUISITOS DE SEGURANÇA

3.2.8.1 Para enlaces de comunicações rádio, é essencial considerar os requisitos de segurança para proteger as informações transmitidas.

3.2.8.2 Isso pode incluir criptografia dos dados, autenticação de dispositivos, controle de acesso ao meio e outras medidas de segurança adequadas.

3.2.8.3 Os protocolos e as configurações de segurança devem ser cuidadosamente implementados para garantir a integridade e a confidencialidade da comunicação.

3.2.9 INTERFERÊNCIA

3.2.9.1 Além das características do terreno, outras fontes de interferência, como sinais de rádio de outras estações, equipamentos eletrônicos próximos e fontes de ruído elétrico, podem afetar a qualidade do sinal de rádio.

3.2.9.2 É necessário realizar uma análise detalhada do espectro e identificar as fontes de interferência potenciais para mitigar seus efeitos.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA ESTABELECIMENTO DOS ENLACES

3.3.1 CONFIGURAÇÃO DOS RÁDIOS:

3.3.1.1 Os dispositivos de rádio utilizados no enlace devem ser configurados corretamente.

- Isso inclui configurar parâmetros como potência de transmissão, taxa de transmissão, largura de banda, modulação, configurações de antena e outros detalhes específicos do rádio utilizado.

3.3.1.2 As configurações devem ser compatíveis entre os dispositivos para permitir a comunicação eficaz.

3.3.2 SELEÇÃO DAS FREQUÊNCIAS APROPRIADAS:

3.3.2.1 A escolha das frequências de transmissão é crucial para evitar interferências e garantir uma comunicação confiável.

3.3.2.2 É necessário considerar regulamentações e padrões de espectro de frequência específicos previsto pela agência reguladora.

3.3.2.3 Além disso, é importante realizar uma análise do espectro disponível e selecionar frequências que tenham baixa interferência e ofereçam um bom desempenho de propagação.

3.3.3 VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DO SINAL:

3.3.3.1 Durante o estabelecimento da comunicação, é importante realizar uma verificação da qualidade do sinal.

3.3.3.2 Isso pode ser feito por meio de medições de potência de sinal, análise de relação sinal-ruído (SNR).

3.3.3.3 Essa verificação ajuda a avaliar a qualidade da conexão e a identificar possíveis problemas de propagação ou interferência.

3.3.4 AUTENTICAÇÃO:

3.3.4.1 É necessário garantir a autenticidade dos dispositivos de rádio envolvidos na comunicação.

3.3.4.2 Isso envolve a autenticação mútua dos dispositivos para garantir que apenas dispositivos autorizados possam se conectar ao enlace.

3.3.5 MONITORAMENTO CONTÍNUO:

– É fundamental monitorar continuamente o desempenho dos enlaces de comunicação rádio. Isso pode ser feito por meio de inspeções e testes regulares.

3.4 PROBLEMAS COMUNS E SOLUÇÕES PARA OS ENLACES

3.4.1 PROBLEMAS DE ALCANCE E ATENUAÇÃO DO SINAL

a) Aumentar a potência de transmissão dos dispositivos de rádio, observando a situação tática, se assim o permitir.

b) Utilizar antenas com maior ganho para amplificar o sinal.

c) Implementar repetidores intermediários para estender a cobertura.

d) Posicionar as antenas em locais que permitam a maior altura possível dentro da situação tática disponível visando minimizar obstruções físicas e maximizar a linha de visada direta.

3.4.2 INTERFERÊNCIA E RUÍDO

3.4.2.1 Selecionar frequências de transmissão menos congestionadas ou utilizar canais com menor interferência.

– Faça uma análise do espectro de frequências disponível e identifique aquelas menos utilizadas.

3.4.2.2 Técnicas de modulação e codificação robustas:

– Utilize técnicas de modulação e codificação que sejam mais resistentes à interferência.

3.4.2.3 Localização estratégica das antenas:

a) Posicione as antenas em locais onde possam ter a maior altura possível dentro da situação tática visando minimizar a interferência.

b) Evite colocar as antenas próximas a fontes conhecidas de interferência, como equipamentos elétricos, linhas de energia, grandes massas d'água ou outros dispositivos de rádio que possam gerar sinais indesejados.

3.4.2.4 Uso de técnicas de mitigação de interferência:

a) Técnicas como frequência *hopping* (salto de frequência) podem ajudar a mitigar a interferência.

b) O salto de frequência envolve a troca de frequências de transmissão em intervalos regulares, dificultando a interferência contínua.

3.4.2.5 Controle de fontes de ruído interno:

a) Identifique e controle as fontes de ruído interno nos dispositivos de rádio.

b) Isso pode envolver a adoção de práticas adequadas de aterramento e isolamento de componentes elétricos.

3.4.3 PROBLEMAS DE PROPAGAÇÃO EM AMBIENTES URBANOS OU COM OBSTÁCULOS

a) Utilizar antenas direcionais para concentrar o sinal na direção desejada.

b) Implementar técnicas de enlace multiponto, onde os sinais são transmitidos por uma série de saltos intermediários para contornar obstáculos.

c) Reposicionar as antenas para evitar ou minimizar a obstrução.

d) Utilizar antenas com ângulos de radiação mais amplos para contornar os obstáculos.

e) Utilizar sistemas de comunicação via satélite para contornar obstruções terrestres.

3.5 GARANTIA DA CONTINUIDADE DOS ENLACES

3.5.1 PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE RECURSOS:

3.5.1.1 Faça um planejamento adequado das fontes de energia disponíveis, levando em consideração a duração estimada da missão.

3.5.1.2 As baterias dos rádios proporcionam mobilidade, contudo, a capacidade das baterias aliadas a demanda de energia dos conjuntos rádio podem influenciar na manutenção das comunicações.

3.5.2 GERENCIE OS RECURSOS DISPONÍVEIS DE FORMA EFICIENTE PARA EVITAR A FALTA DE ENERGIA DURANTE AS OPERAÇÕES.

3.5.2.1 Estoque de baterias e carregadores:

– O estoque adequado de baterias sobressalentes e carregadores disponíveis permitirão a substituição rápida das baterias descarregadas por baterias carregadas e a recarga das baterias descarregadas durante a operação, mantendo a continuidade dos enlaces de comunicações.

3.5.2.2 Monitoramento do nível de carga:

– Monitore regularmente o nível de carga das baterias dos conjuntos rádio.

3.5.2.3 Carregamento regular:

– Sempre que houver oportunidade, carregue as baterias dos conjuntos rádio. Aproveite os períodos de inatividade ou quando houver acesso a fontes de energia, como geradores ou sistemas de alimentação externa, para recarregar as baterias.

3.5.2.4 Uso eficiente de energia:

– Adote medidas para otimizar o consumo de energia dos conjuntos rádio. Isso inclui ajustar as configurações de potência para o nível adequado, minimizar o uso de recursos que consomem muita energia, como o uso constante de transmissão em altas potências.

3.5.2.5 Comunicação da necessidade de baterias ao Centro de Comunicações:

– Mantenha uma comunicação constante e clara entre os operadores dos conjuntos rádio e o C Com, informando sobre as necessidades de baterias carregadas ou substituição. Isso permitirá uma resposta rápida para garantir a continuidade dos enlaces de comunicações.

CAPÍTULO IV

TÉCNICAS COM ANTENAS

4.1 VISÃO GERAL

4.1.1 A ANTENA

4.1.1.1 A antena é o componente chave no estabelecimento de comunicações confiáveis para apoiar as operações.

4.1.1.2 Uma antena transmite e recebe ondas eletromagnéticas, chamadas de ondas de rádio.

4.1.1.3 Todos os rádios, sejam transmissores ou receptores, necessitam de uma antena.

4.1.1.4 Ao planejar e estabelecer redes para suportar comunicações, o que está entre duas antenas é uma consideração importante.

4.1.1.5 A linha de visada é o caminho entre duas antenas.

4.1.2 A LINHA DE VISADA PODE TER AS SEGUINTE CARACTERÍSTICAS:

4.1.2.1 Nenhuma obstrução entre as duas antenas.

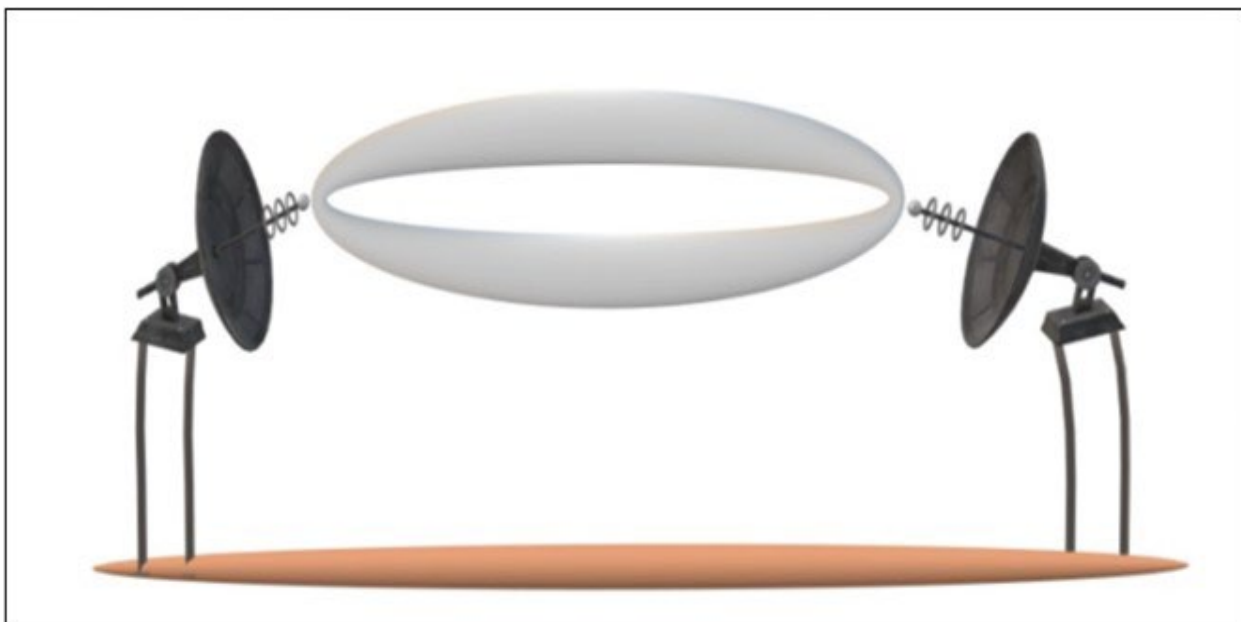


Fig 4-1 - Sem obstruções

4.1.2.2 Obstruções parciais, tais como árvores entre as duas antenas.

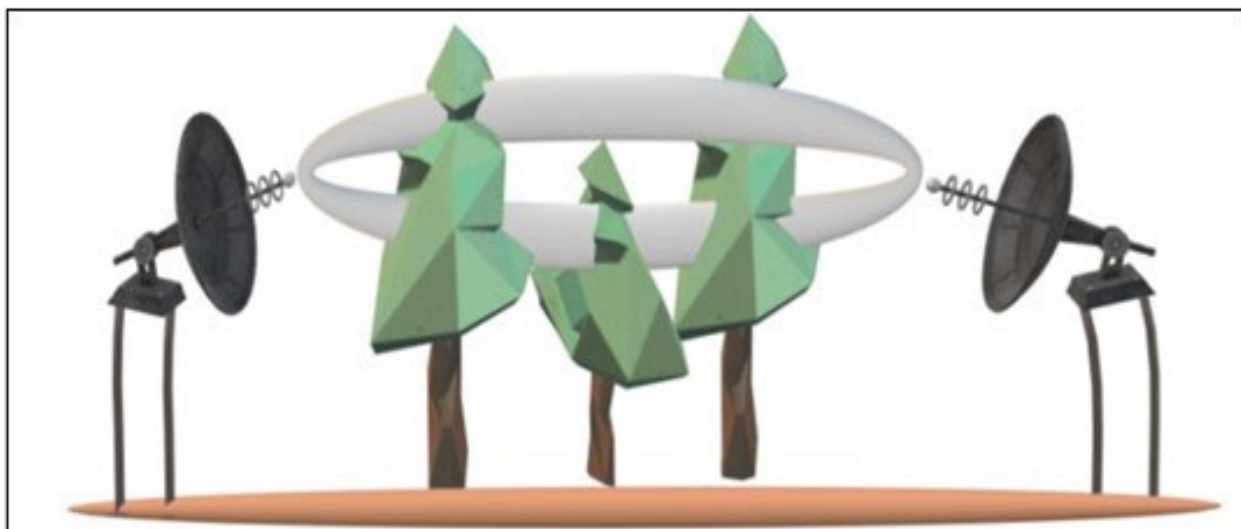


Fig 4-2 – Obstruções parciais

4.1.2.3 Existência de obstruções totais entre as duas antenas.

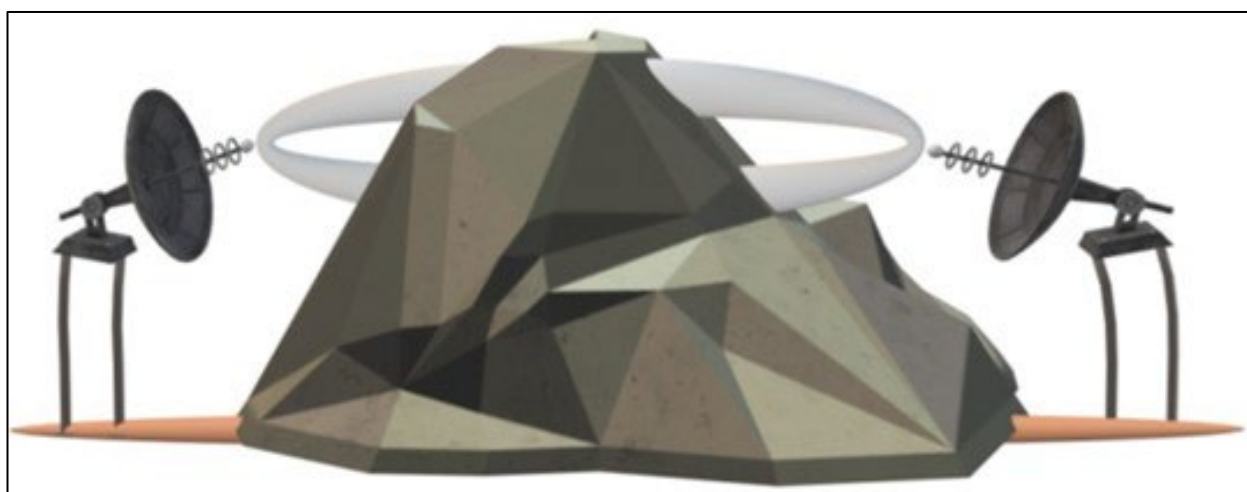


Fig 4-3 – Obstruções totais

4.1.3 A identificação das condições específicas da linha de visada no ambiente fornece as informações necessárias para determinar que tipo de sistema de comunicação e antenas devem ser instaladas.

4.2 FUNDAMENTOS DE ANTENAS

4.2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

4.2.1.1 Quando criada ao redor do condutor, uma corrente elétrica alternada flui através de um condutor.

4.2.1.2 Se o comprimento do condutor for curto em comparação com um comprimento de onda, os campos elétricos e os magnéticos geralmente se extinguem dentro de um ou dois comprimentos de onda.

4.2.1.3 Aumentando o comprimento do condutor, a intensidade do campo se amplia. Assim, uma quantidade cada vez maior de energia escapa para o espaço.

4.2.2 RADIAÇÃO:

4.2.2.1 Um fio conectado a um transmissor e devidamente aterrado oscila eletricamente, fazendo com que a onda converta a energia do transmissor em uma onda de rádio eletromagnética.

4.2.2.2 O fluxo alternado de elétrons impressos na extremidade inferior do fio cria energia eletromagnética.

4.2.2.3 Os elétrons viajam para cima no fio até a parte superior, onde não têm para onde ir e ressaltam em direção à parte inferior.

4.2.2.4 Quando os elétrons atingem a extremidade inferior em fase, eles estão em sintonia com a energia de rádio aplicada pelo transmissor.

4.2.2.5 A energia de seu movimento é fortemente reforçada à medida que eles se chocam para cima ao longo do fio. Este processo regenerativo sustenta a oscilação.

4.2.2.6 O fio é ressonante na frequência em que a fonte de energia está se alternando.

4.2.3 CAMPOS DE RADIAÇÃO:

4.2.3.1 A energia RF fornecida a uma antena cria dois campos: um campo de indução que se associa com a energia armazenada e um campo de radiação.

4.2.3.2 Na antena, as intensidades desses campos são grandes e são proporcionais à potência de RF fornecida à antena.

4.2.3.3 Os componentes do campo elétrico e magnético que irradiam de uma antena formam o campo eletromagnético.

4.2.3.4 Transmissão e recepção de energia eletromagnética através do espaço livre. Uma onda de rádio é um campo eletromagnético em movimento que tem velocidade na direção de propagação.

4.2.3.5 Seus componentes são de intensidade elétrica e magnética dispostos em ângulos retos um ao outro.

4.2.4 PADRÕES DE IRRADIAÇÃO:

4.2.4.1 O padrão de radiação é uma representação gráfica da força relativa do campo transmitido ou recebido pela antena.

4.2.4.2 O padrão de radiação completa ou sólida aparece como uma figura tridimensional com uma antena transmissora no centro.

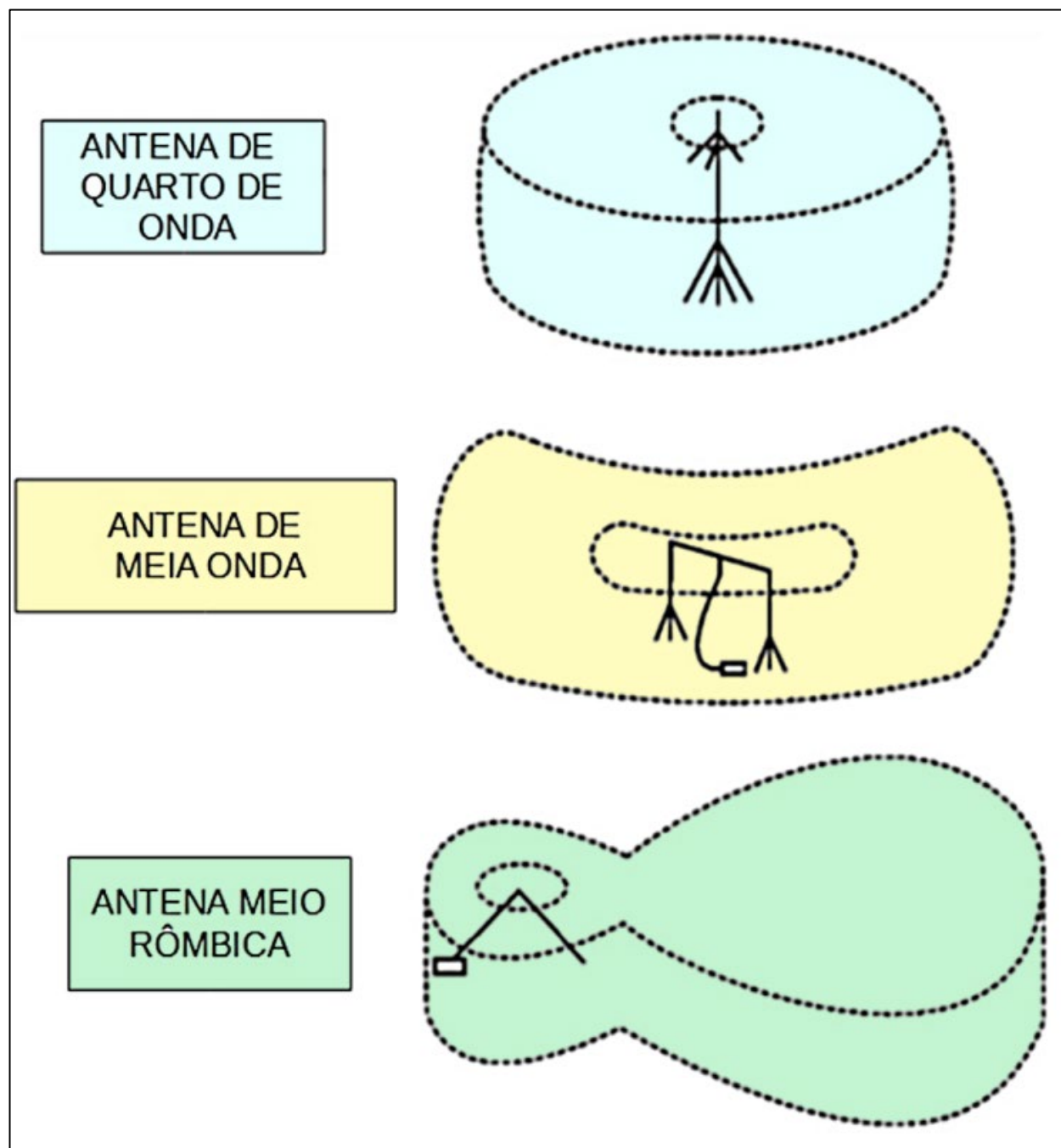


Fig 4-4 – Padrão de radiação completa ou sólida

4.2.5 POLARIZAÇÃO:

4.2.5.1 A direção das linhas de força que compõem o campo elétrico determina a polarização de uma onda irradiada.

4.2.5.2 A polarização pode ser vertical, horizontal ou elíptica.

4.2.5.3 Uma antena de fio único, quando usada para receber energia de uma onda de

rádio, resulta em uma máxima de captação se a antena for orientada para garantir que ela esteja na mesma direção que o componente do campo elétrico.

4.2.5.4 A polarização horizontal ou vertical é satisfatória para sinais VHF ou UHF.

4.2.5.5 A polarização original produzida na antena transmissora se mantém à medida que a onda viaja até a antena receptora.

4.2.6 POLARIZAÇÃO VERTICAL

4.2.6.1 Em uma onda verticalmente polarizada, as linhas de força elétrica estão em ângulos retos em relação à superfície da Terra.

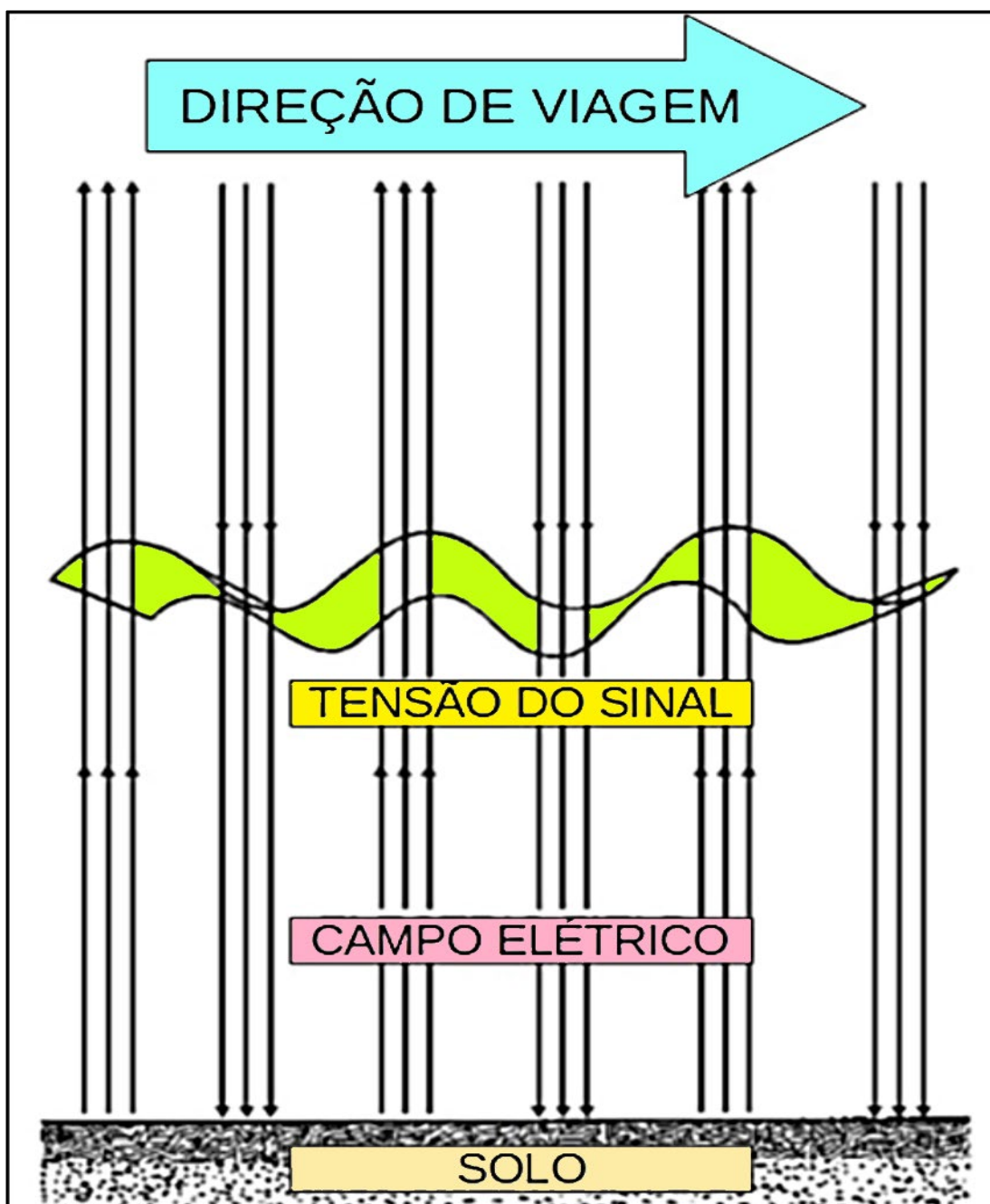


Fig 4-5 – Polarização Vertical

4.2.6.2 Utilizar uma antena vertical para recepção eficiente de ondas polarizadas verticalmente.

4.2.6.3 A polarização vertical é necessária em médias e baixas frequências durante o uso extensivo da transmissão de ondas terrestres.

4.2.6.4 As linhas verticais de força são perpendiculares ao solo, e a onda de rádio pode percorrer uma distância considerável ao longo do solo com uma quantidade mínima de perda.

4.2.6.5 A polarização vertical fornece um sinal recebido mais forte em frequências de até aproximadamente 50 MHz quando a altura da antena é limitada a 3,05 metros ou menos sobre a terra, como em uma instalação veicular.

4.2.6.6 As reflexões das aeronaves que sobrevoam a trajetória de transmissão têm um efeito menor sobre a radiação polarizada verticalmente. Este fator é essencial em áreas onde o tráfego aéreo é pesado.

4.2.6.7 O uso da polarização vertical resulta em uma menor produção e captação de interferência eletromagnética a partir de fortes transmissões VHF e UHF, transmissões de televisão e FM.

4.2.6.8 Este fator é importante quando se localiza uma antena em uma área urbana que possui emissoras de televisão ou FM.

4.2.7 POLARIZAÇÃO HORIZONTAL

4.2.7.1 Em uma onda horizontalmente polarizada, as linhas de força elétrica são paralelas à superfície da Terra. Utilizar uma antena horizontal para a recepção de ondas polarizadas horizontalmente.

4.2.7.2 Em altas frequências, com transmissão de ondas celestiais, faz pouca diferença se a polarização horizontal ou vertical.

4.2.7.3 A onda de céu, após refração pela ionosfera, chega à antena receptora elipticamente polarizada.

4.2.7.4 As antenas de transmissão e recepção podem ser montadas tanto horizontal como vertical. As antenas horizontais são preferidas, pois irradiam em ângulos altos e têm propriedades direcionais melhores.

4.2.7.5 Uma simples antena horizontal de meia-onda é bidirecional. Essa característica é útil ao minimizar a interferência eletromagnética a partir de direções específicas e sinais de mascaramento do inimigo.

4.2.7.6 As antenas horizontais são menos propensas a captar interferências causadas pelo homem.

4.2.7.7 Antenas localizadas perto de florestas densas, ondas horizontalmente polarizadas sofrem perdas menores, especialmente em frequências acima de 100 MHz.

4.2.7.8 Pequenas mudanças na localização das antenas não causam variações significativas na intensidade do campo das ondas polarizadas horizontalmente.

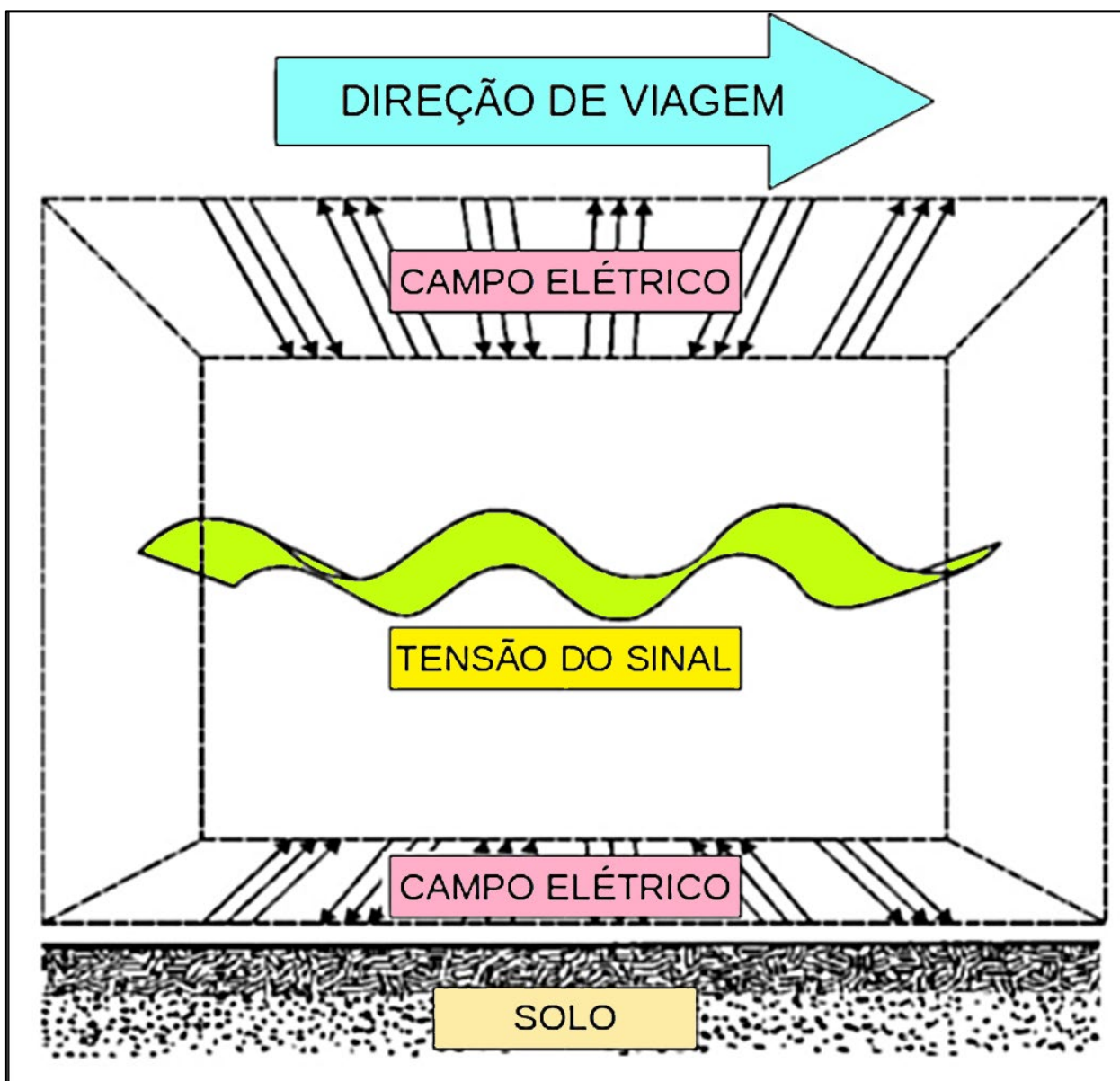


Fig 4-6 – Polarização Horizontal

4.2.8 POLARIZAÇÃO ELÍPTICA:

4.2.8.1 O campo gira à medida que as ondas elétricas viajam pelo espaço. Sob estas condições, existem componentes horizontais e verticais do campo, e a onda tem polarização elíptica.

4.2.8.2 Os satélites e terminais de satélite utilizam uma polarização elíptica, chamada polarização circular.

4.2.8.3 A polarização circular descreve uma onda cujo plano de polarização gira 360 graus à medida que avança; a rotação pode ser no sentido horário ou anti-horário.

4.2.8.4 A polarização circular ocorre quando igual magnitudes de ondas polarizadas vertical e horizontalmente combinam com uma diferença de fase de 90 graus.

4.2.8.5 Dependendo de sua relação de fase, isso causa rotação em uma direção ou em outra.

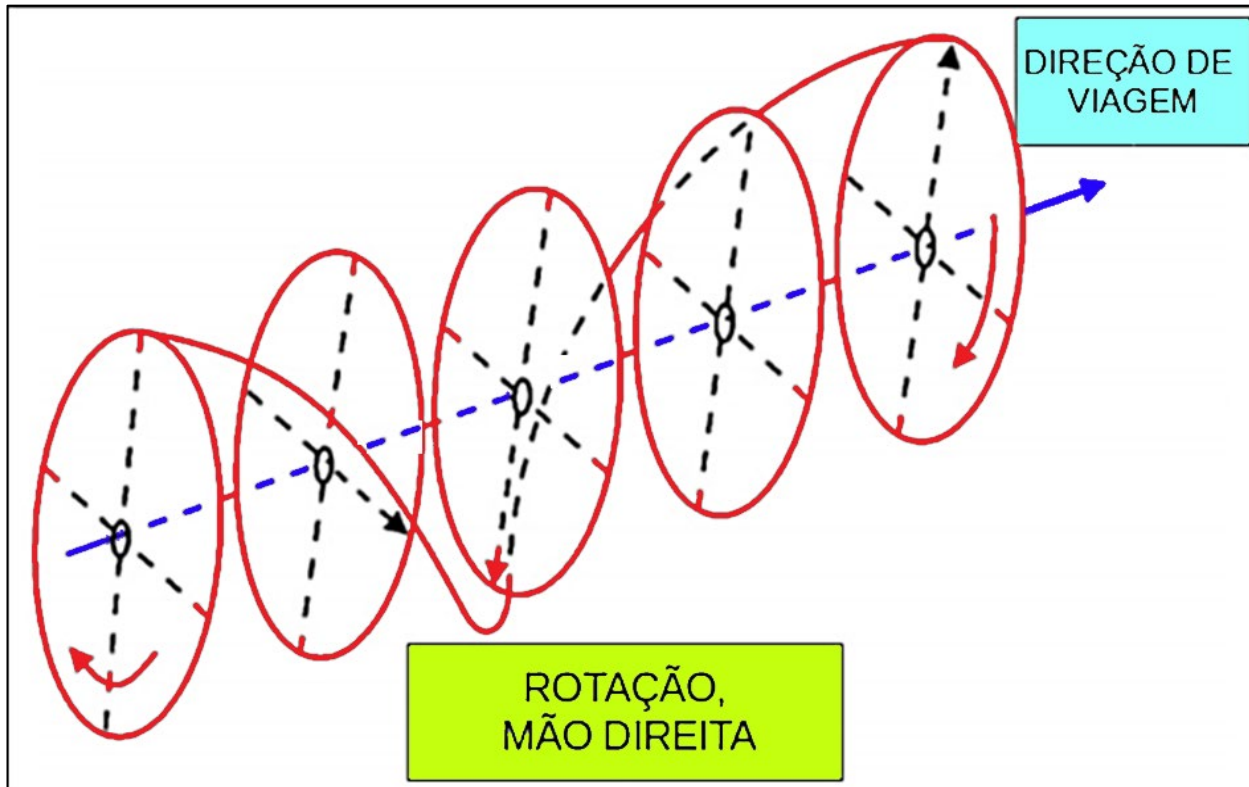


Fig 4-7 – Polarização Elíptica

4.2.9 DIRECIONALIDADE:

4.2.9.1 As antenas de transmissão verticais irradiam igualmente nas direções horizontais; as antenas de recepção verticais aceitam sinais de rádio igualmente de todas as direções horizontais.

4.2.9.2 Assim, outras estações que operam nas mesmas frequências, ou em frequências próximas, podem interferir no sinal desejado, tornando a recepção difícil ou impossível.

4.2.9.3 Utilizar antenas direcionais para melhorar a recepção do sinal desejado. As antenas horizontais de meia onda aceitam sinais de rádio de todas as direções.

4.2.9.4 A recepção mais robusta ocorre a partir de uma direção perpendicular à antena, enquanto a recepção mais fraca ocorre a partir da direção das extremidades da antena.

4.2.9.5 Ao eliminar ou reduzir sinais interferentes, mudar a instalação da antena para garantir que cada extremidade da antena aponte diretamente à estação interferente.

4.2.10 RESSONÂNCIA:

4.2.10.1 Em uma antena ressonante, quase todos os sinais de rádio alimentados à antena irradiam.

4.2.10.2 Se a antena receber uma frequência diferente daquela para a qual ressoa, grande parte do sinal transmitido é perdido e não irradiado.

4.2.10.3 Uma antena ressonante efetivamente irradia um sinal de rádio para frequências próximas à sua frequência de projeto.

4.2.10.4 Ao utilizar uma antena ressonante para um circuito de rádio, construa uma antena separada para cada frequência para uso no circuito de rádio.

4.2.10.5 A obtenção da ressonância acontece de duas maneiras:

- combinando fisicamente o comprimento da antena com o comprimento de onda; e
- combinando eletronicamente o comprimento da antena com o comprimento de onda.

4.2.10.6 Uma antena não ressonante, por outro lado, irradia efetivamente uma ampla gama de frequências com menor eficiência.

4.2.10.7 Os elétrons no caminho das ondas de rádio têm uma influência sobre outros elétrons no caminho das ondas de rádio.

4.2.10.8 Por exemplo, quando uma onda de HF entra na ionosfera, a onda de HF refrata ou se refaz de volta à Terra pela ação de elétrons livres nesta região da atmosfera.

4.2.10.9 Quando a onda de rádio encontra o fio ou condutores metálicos da antena receptora, o campo elétrico da onda de rádio faz com que os elétrons da antena oscilem para frente e para trás em passo com a onda à medida que ela passa.

4.2.10.10 O movimento desses elétrons dentro da antena é a pequena corrente elétrica alternada que o receptor de rádio detecta.

4.2.10.11 Quando as ondas de rádio encontram elétrons livres para se moverem sob a influência do campo elétrico da onda, os elétrons livres oscilam conjuntamente com a onda.

- Isso gera a corrente elétrica que cria ondas próprias chamadas ondas refletidas ou dispersas.

4.2.10.12 Este processo é chamado de dispersão eletromagnética. Todos os materiais que são bons condutores elétricos refletem ou dispersam a energia de RF.

4.2.10.13 Já que uma antena receptora é um bom condutor, ele também atua como um dispersor.

4.2.10.14 Apenas uma porção da energia que toca a antena se converte em energia elétrica recebida: o fio volta a irradiar uma porção considerável da potência total.

4.2.10.15 Se uma antena estiver localizada dentro de um ambiente urbano congestionado ou dentro de um edifício, muitos objetos podem espalhar ou redirecionar a energia de uma forma que interfira com a recepção.

4.2.10.16 Por exemplo, a fiação elétrica no interior de um edifício pode redirecionar fortemente a energia de RF.

4.2.10.17 Se uma antena receptora estiver próxima aos fios, a energia refletida pode cancelar a energia recebida diretamente do caminho de sinal desejado.

4.2.10.18 Quando esta condição existe, mover a antena receptora para outro local dentro da sala onde os sinais refletidos e diretos podem se reforçar em vez de cancelar um ao outro.

4.2.11 RECIPROCIDADE:

4.2.11.1 Refere-se às várias propriedades de uma antena que se aplicam igualmente, independentemente de se utilizar a antena para transmitir ou receber.

4.2.11.2 Por exemplo, quanto mais eficiente for uma antena para transmitir, mais eficiente será para que a antena receba a mesma frequência.

4.2.11.3 As propriedades diretivas de uma determinada antena são as mesmas, quer seja utilizada para transmissão ou recepção.

4.2.11.4 Se utilizar a antena de transmissão como antena receptora, a antena recebe melhor nas mesmas direções em que produz máxima radiação, em ângulos retos ao eixo da antena.

4.2.12 IMPEDÂNCIA:

4.2.12.1 É a relação entre tensão e corrente em qualquer ponto de um circuito de corrente alternada.

4.2.12.2 A impedância de uma antena é igual à relação entre a voltagem e a corrente no ponto da antena onde os pontos de alimentação se conectam.

4.2.12.3 Se o ponto de alimentação estiver localizado em um ponto de máxima tensão, a impedância chega a 500 a 10.000 ohms.

4.2.12.4 A impedância de entrada de uma antena depende da condutividade ou impedância do solo.

4.2.12.5 Por exemplo, se o solo for uma simples estaca acionada cerca de 1 metro (3,2 pés) em solo de condutividade média, a impedância do monopolo pode ser de 2 a 3 vezes os valores citados.

4.2.12.6 A resistência ocorre em um ponto no circuito da antena onde a corrente é alta, uma quantidade significativa da potência do transmissor se dissipa como calor para o solo em vez de irradiada como pretendido.

4.2.12.7 É essencial fornecer um bom aterramento ou aterramento artificial quando se usa uma antena chicote vertical ou monopolo.

4.2.12.8 A quantidade de potência irradiada de uma antena depende da quantidade de corrente aplicada a ela. A potência máxima emite quando há um fluxo máximo de corrente.

4.2.12.9 A corrente máxima flui quando a impedância é minimizada onde a antena é ressonante, de modo que sua impedância seja pura resistência.

4.2.12.10 Quando a reatância capacitiva equivale à reatância indutiva, elas se cancelam mutuamente, e a impedância é igual à resistência pura.

4.2.13 LARGURA DE BANDA:

4.2.13.1 A largura de banda da antena descreve a faixa de frequências sobre as quais a antena pode irradiar ou receber energia adequadamente.

4.2.13.2 A largura de banda de uma antena reflete a faixa de frequências sobre a qual ela realiza dentro de certos limites especificados.

4.2.13.3 Esses limites são com relação à correspondência de impedância, ganho e características do padrão de radiação.

4.2.13.4 A largura de banda necessária para uma determinada classe de emissão é a largura da banda de frequência, que é apenas suficiente para garantir a transmissão das informações ao ritmo e a qualidade exigida sob condições especificadas.

4.2.13.5 A largura de banda descreve a taxa máxima de transferência de dados de uma rede ou conexão de Internet. Ela mede a quantidade de dados transmitidos por uma conexão em um determinado período de tempo.

4.2.13.6 No processo de comunicação por rádio, a informação muda da fala ou da escrita para um sinal de baixa frequência usado para modular um sinal de rádio de frequência muito mais alta.

4.2.13.7 As leis naturais regem e limitam a transmissão do sinal. Quanto mais palavras por minuto, maior a frequência de modulação necessária, o que gera um sinal de maior largura de banda.

4.2.13.8 Para transmitir e receber as informações necessárias, a largura de banda da antena deve ser maior ou igual à largura de banda do sinal.

4.2.13.9 Caso contrário, ela limita as frequências do sinal, e faz com que as vozes e a escrita sejam ininteligíveis.

4.2.13.10 Largura de banda muito grande também é ruim, pois aceita vozes adicionais e degrada a relação sinal/ruído.

4.2.14 GANHO:

4.2.14.1 O ganho da antena depende de seu projeto. Antenas transmissoras projetadas para alta eficiência em energia radiante, e antenas receptoras projetadas para alta eficiência.

4.2.14.2 Em muitos circuitos de rádio, a transmissão é necessária, entre um transmissor e apenas uma estação receptora.

4.2.14.3 A energia direcionada irradia em uma direção e é útil apenas nessa direção.

4.2.14.4 As antenas de recepção direcionais aumentam o ganho de energia na direção favorecida e reduzem a recepção de ruídos indesejados em sinais de outras direções.

4.2.14.5 As antenas transmissoras e receptoras devem ter pequenas perdas de energia e devem ser tão eficientes quanto os radiadores e receptores.

4.2.14.6 Por exemplo, as antenas omnidirecionais atuais, quando empregadas em áreas de combate avançado, transmitem e recebem sinais igualmente em todas as direções, e fornecem um sinal igualmente forte às unidades GE inimigas, e às unidades amigas.

4.2.14.7 O rádio direcional de alta capacidade de linha de visão (HCLOS) fornece conectividade de banda larga sem fio de longo alcance e de rápida implantação para aplicações militares e comerciais.

4.2.14.8 Com capacidade de forma de onda avançada e tecnologia MIMO que minimiza erros e otimiza a velocidade, um rádio HCLOS fornece dados de alta produtividade tanto em aplicações ponto-a-ponto quanto ponto-a-multiponto.

4.2.15 ÂNGULO DE DECOLAGEM:

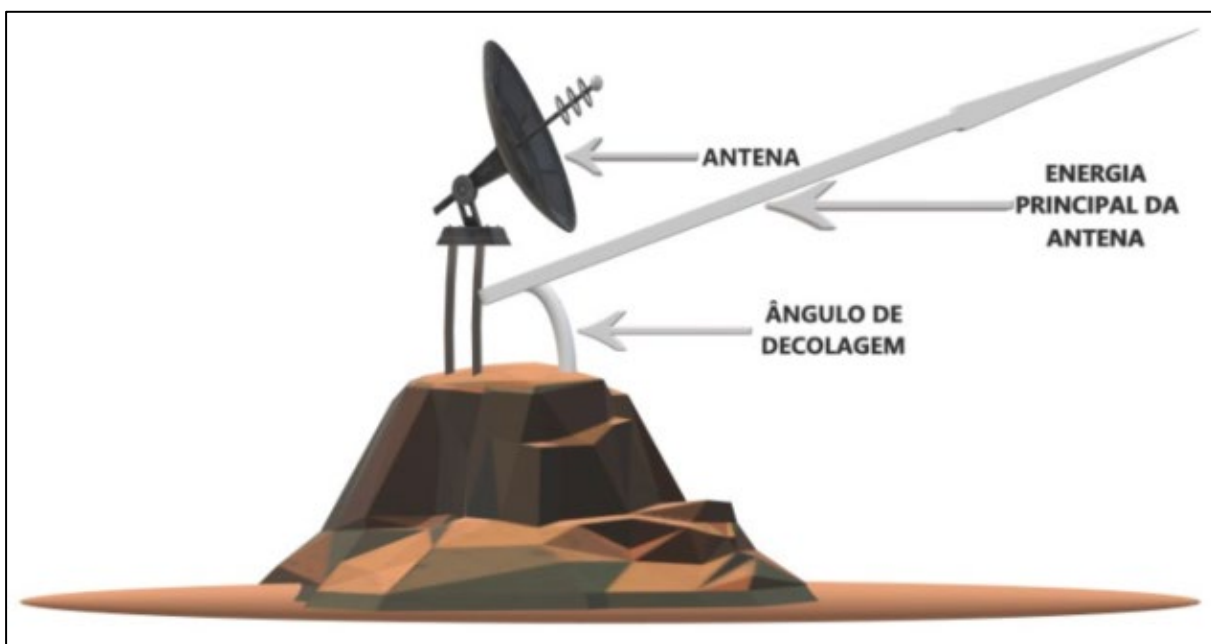


Fig 4-8 – Ângulo de decolagem da antena

4.2.15.1 O ângulo de decolagem da antena é o ângulo acima do horizonte que uma antena irradia a maior quantidade de energia.

4.2.15.2 O ângulo de decolagem de uma antena de comunicação HF pode determinar se um circuito está prosperando ou não.

4.2.15.3 As antenas de ondas celestiais de HF suportam ângulos exatos de decolagem, dependendo da distância do circuito.

4.2.15.4 Utilizar ângulos de decolagem altos para comunicações de curto alcance e usar ângulos de decolagem baixos para comunicações de longo alcance.

4.2.16 EFEITOS DE SOLO:

4.2.16.1 Como a maioria das antenas tácticas erguidas ocorre sobre a Terra, e não no espaço livre, com exceção daquelas em satélites, o solo altera os padrões de radiação de espaço livre das antenas.

4.2.16.2 O aterramento também afeta as características elétricas das antenas, especificamente aquelas montadas relativamente próximas ao comprimento de onda do aterramento.

4.2.16.3 Para exemplo, as antenas médias e HF, elevadas acima do solo por apenas uma fração do comprimento de onda, têm padrões de radiação que são totalmente diferentes dos padrões de espaço livre.

4.2.17 TEORIA DA ANTENA ATERRADA:

4.2.17.1 Ao utilizar antenas aterradas, é importante que o aterramento tenha a maior condutividade possível.

4.2.17.2 Isso reduz a perda de terra e proporciona a melhor superfície de reflexão possível para a energia irradiada pela antena para baixo.

4.2.17.3 O solo é um excelente condutor para médias e baixas frequências e atua como um grande espelho para a energia irradiada.

4.2.17.4 O resultado é que o aterramento reflete uma quantidade significativa de energia que irradia para baixo a partir de uma antena montada sobre ele.

4.2.17.5 Assim, uma antena de um quarto de onda erguida verticalmente, com sua extremidade inferior conectada eletricamente ao solo, comporta-se como uma antena de meia-onda.

4.2.17.6 Sob essas condições, a antena vertical com um quarto de onda e o solo cria o meio comprimento de onda.

4.2.17.7 O solo retrata o quarto de onda do comprimento de onda da energia irradiada que reflete ao completar o meio comprimento de onda.

4.2.17.8 Em frequências mais altas, os solos artificiais construídos com grandes superfícies metálicas são comuns para proporcionar uma melhor propagação de onda.



Fig 4-9 –Antena aterrada

4.2.18 TIPOS DE SOLO:

4.2.18.1 Estabelecer o aterramento de forma a introduzir a menor quantidade possível de resistência.

4.2.18.2 Em frequências mais altas, os aterros artificiais construídos com grandes superfícies metálicas são padrão.

4.2.18.3 Os aterramentos assumem muitas formas, dependendo do tipo de instalação e da perda tolerada.

4.2.18.4 Em muitas instalações simples de campo, uma ou mais varetas metálicas acionadas no solo fazem o aterramento.

4.2.18.5 As conexões de terra levam a dispositivos de aterramento existentes para acomodar arranjos insatisfatórios.

4.2.18.6 As conexões de aterramento normalmente consistem de estruturas metálicas ou sistemas de tubulações subterrâneas.

4.2.18.7 Em uma emergência, criar uma conexão de aterramento forçando uma ou mais baionetas para dentro do solo.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE INSTALAÇÃO DE ANTENAS

4.3.1 A montagem e a utilização da antena podem ter um risco significativo. Os planejadores e os instaladores devem avaliar e gerenciar a montagem da antena, a colocação, a descarga eletromagnética e os perigos físicos. Para isso, os planejadores devem considerar o seguinte para instalar uma antena:

4.3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A LOCALIZAÇÃO DE ANTENAS

4.3.2.1 Linha de visada (*Line of Sight* - LOS):

4.3.2.1.1 A linha de visada é essencial para comunicações sem fio de longa distância. Certifique-se de que não haja obstruções significativas entre a antena de transmissão e a antena de recepção.

4.3.2.1.2 Obstáculos físicos, como edifícios, árvores, montanhas e outras estruturas podem bloquear ou enfraquecer o sinal, resultando em perda de qualidade ou alcance reduzido.

4.3.2.2 Altura da antena:

– A altura da antena em relação ao solo pode ter um impacto significativo na cobertura e no alcance da comunicação. Em geral, quanto mais alta a antena, maior será o alcance.

4.3.2.3 Interferência eletromagnética:

4.3.2.3.1 Verifique a presença de fontes potenciais de interferência nas proximidades da localização da antena.

4.3.2.3.2 Isso inclui dispositivos eletrônicos, torres de transmissão, linhas de energia, instalações industriais e outras antenas.

4.3.2.3.3 Evite colocar a antena em áreas com alta densidade de fontes de interferência a fim de minimizar possíveis problemas de desempenho.

4.3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A SELEÇÃO DE ANTENAS

4.3.3.1 Propósito e aplicação:

4.3.3.1.1 Determine o propósito e a aplicação específica do sistema de rádio.

4.3.3.1.2 Por exemplo, se o sistema for usado para comunicações móveis, transmissão de dados em longas distâncias, cada aplicação terá requisitos diferentes em termos de cobertura, alcance, largura de banda e características de radiação.

4.3.3.2 Frequência operacional:

4.3.3.2.1 Considere a frequência de operação do sistema de rádio. Antenas são projetadas para operar em faixas de frequência específicas.

4.3.3.2.2 É importante escolher antenas que sejam projetadas para a faixa de frequência adequada ao sistema de rádio.

4.3.3.2.3 Frequências mais altas geralmente exigem antenas menores, enquanto frequências mais baixas requerem antenas maiores.

4.3.3.3 Ganho:

4.3.3.3.1 O ganho da antena é uma medida de sua capacidade de direcionar ou amplificar o sinal em uma determinada direção.

4.3.3.3.2 O ganho é importante para garantir uma cobertura adequada e melhorar a eficiência do sistema de rádio.

4.3.3.3.3 Antenas com maior ganho são capazes de fornecer maior alcance e melhor desempenho.

4.3.3.4 Padrão de radiação:

4.3.3.4.1 Considere o padrão de radiação da antena, que determina a direção e a forma como o sinal é irradiado.

4.3.3.4.2 Antenas podem ter padrões de radiação omnidirecionais, direcionais, setoriais ou personalizados.

4.3.3.4.3 A seleção do padrão de radiação adequado depende da cobertura desejada e da configuração do sistema de rádio.

4.3.3.5 Impedância:

4.3.3.5.1 Verifique a impedância da antena para garantir compatibilidade com o sistema de rádio.

4.3.3.5.2 A impedância deve corresponder à impedância do sistema, geralmente 50 ohms para a maioria dos sistemas de rádio.

4.3.3.5.3 A falta de correspondência de impedância pode resultar em perda de sinal e reflexões indesejadas.

4.3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE FORMATOS DE ANTENA PARA HF

4.3.4.1 Comprimento da antena:

4.3.4.1.1 Em frequências mais baixas, como as usadas em HF, o comprimento da antena é geralmente proporcional ao comprimento de onda.

4.3.4.1.2 Isso significa que as antenas em HF tendem a ser maiores em comparação com as antenas em frequências mais altas.

4.3.4.2 Ganho direcional:

4.3.4.2.1 Dependendo da aplicação e das necessidades de cobertura, pode ser desejável utilizar antenas direcionais em HF.

4.3.4.2.2 Antenas direcionais permitem concentrar o sinal em uma direção específica, melhorando a intensidade do sinal transmitido ou recebido nessa direção.

4.3.4.2.3 Isso pode ser benéfico para estabelecer comunicações em longas distâncias e superar obstáculos.

4.3.4.3 Impedância:

4.3.4.3.1 A impedância da antena é uma consideração crítica para garantir a correspondência adequada com a impedância do sistema de rádio.

4.3.4.3.2 Na maioria dos casos, a impedância característica de 50 ohms é comumente usada em HF, mas pode variar dependendo do equipamento.

4.3.4.4 Proteção contra descargas atmosféricas:

– Em HF, onde as antenas geralmente são altas e expostas, é importante considerar medidas de proteção contra descargas atmosféricas. Isso pode incluir o uso de sistemas de aterramento adequados.

4.3.4.5 Viabilidade prática:

4.3.4.5.1 Além das considerações técnicas, a viabilidade prática também deve ser levada em conta ao escolher o formato da antena em HF.

4.3.4.5.2 As restrições de espaço físico e facilidade de instalação também podem influenciar a escolha do formato da antena.

4.3.4.6 Para instalação de Antena Dipolo, deve-se considerar:

4.3.4.6.1 Espaço disponível:

– Um dipolo requer um espaço adequado para a instalação.

4.3.4.6.2 Altura de instalação:

– O dipolo deve ser instalado em uma altura suficiente acima do solo para evitar perdas significativas e obstruções.

– Geralmente, uma altura de pelo menos 1/4 do comprimento de onda é recomendada para reduzir a influência do solo e obter um melhor ângulo de radiação.

4.3.4.6.3 Posição:

– O dipolo pode ser instalado em uma posição horizontal, onde os elementos ficam paralelos ao solo, ou em uma configuração inclinada, onde os elementos são estendidos

em ângulo.

– A escolha da configuração depende do espaço disponível, da altura de instalação e dos objetivos de desempenho.

4.3.4.6.4 Alimentação:

– A alimentação do dipolo pode ser feita no centro ou em qualquer ponto ao longo dos elementos.

– Para garantir a simetria do dipolo, é comum usar um balun (transformador balanceado-desbalanceado) para converter a impedância balanceada da antena em uma impedância desbalanceada para conexão com o transmissor/receptor.

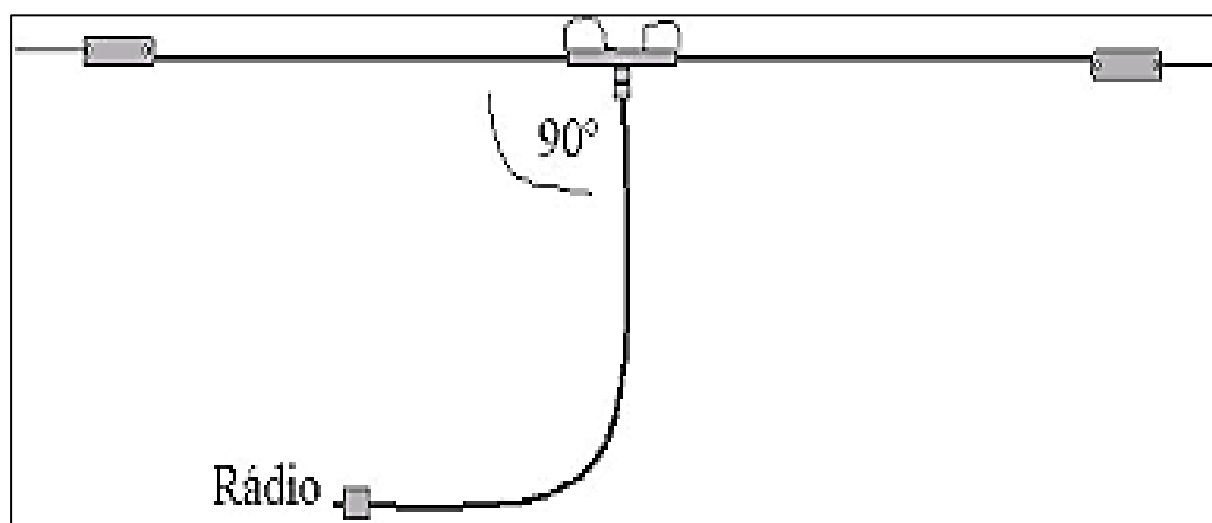


Fig 4-10 – Alimentação do dipolo

4.3.4.7 Para instalação de Antena V invertido, deve-se considerar:

4.3.4.7.1 Espaço disponível:

– A antena V invertido requer um espaço adequado para a instalação, sem obstruções nas extremidades do V.

4.3.4.7.2 Altura de instalação:

– Assim como o dipolo, a antena V invertido deve ser instalada em uma altura suficiente acima do solo para minimizar perdas e obstruções.

– A altura recomendada é de pelo menos 1/4 do comprimento de onda para obter melhores resultados de radiação.

4.3.4.7.3 Ângulo do V:

– O ângulo formado pelas pernas do V invertido também é importante.

– Um ângulo de aproximadamente 120 graus é comumente utilizado, mas pode variar dependendo da aplicação e do espaço disponível.

4.3.4.7.4 Alimentação:

– A alimentação da antena V invertido pode ser feita no ponto de conexão das pernas do V ou usando um balun para obter uma impedância adequada para o transmissor/receptor.



Fig 4-11/A – Alimentação da antena V

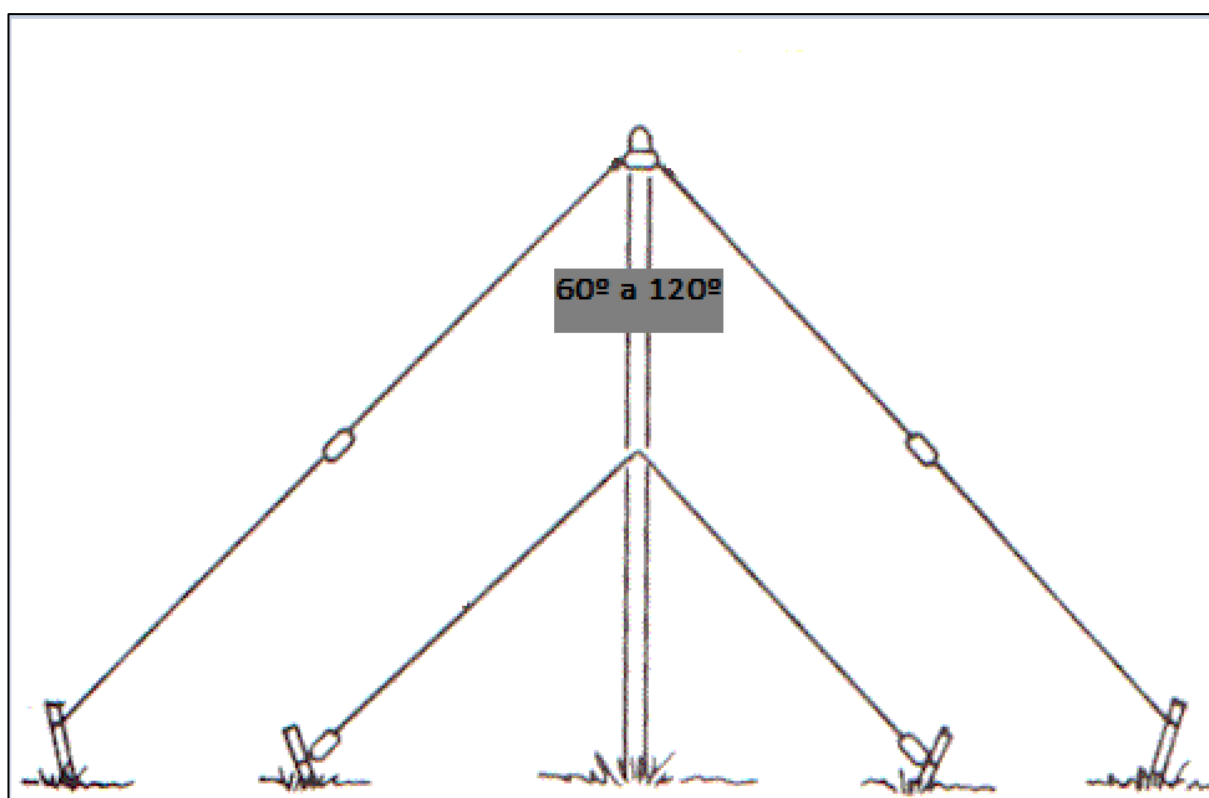


Fig 4-12/B – Alimentação da antena V

4.3.4.8 O cálculo do comprimento das seções de uma antena dipolo depende da frequência de operação desejada.

4.3.4.9 Para calcular o comprimento das seções do dipolo, podem-se seguir estas etapas:

4.3.4.9.1 Determine a frequência de operação:

– Determine a frequência central em que deseja operar sua antena dipolo. Por exemplo, deseja se operar em 14 MHz.

4.3.4.9.2 Calcule o comprimento de onda:

– O próximo passo é calcular o comprimento de onda da frequência de operação. Para fazer isso, divida a velocidade da luz (aproximadamente 300.000.000 metros por segundo) pela frequência em hertz.

– Neste caso, para uma frequência de 14 MHz, o comprimento de onda será 300 dividido por 14, aproximadamente 21,43 metros.

4.3.4.9.3 Divida o comprimento de onda por quatro.

– Usando o exemplo anterior, cada seção do dipolo terá um comprimento de aproximadamente 5,36 metros.

4.3.4.9.4 Ajuste o comprimento para considerar os efeitos de velocidade da onda no condutor:

– A velocidade da onda no condutor dos fios da antena é menor do que a velocidade da luz no vácuo. Isso pode causar um encurtamento efetivo das seções do dipolo.

– Para compensar esse efeito, é comum reduzir ligeiramente o comprimento das seções do dipolo.

– Um fator comum usado é 0,95, o que significa multiplicar o comprimento calculado por 0,95. Nesse caso, cada seção do dipolo teria um comprimento de aproximadamente 5,09 metros.

4.3.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A FAIXA DE FREQUÊNCIA

4.3.5.1 Cobertura e alcance:

4.3.5.1.1 Diferentes faixas de frequência têm características de propagação de sinal únicas.

4.3.5.1.2 Frequências mais baixas, como as faixas de HF *High Frequency* (HF) e *Very High Frequency* (VHF), tendem a ter uma melhor capacidade de penetração em obstáculos e maior alcance em comunicações de longa distância.

4.3.5.1.3 Por outro lado, frequências mais altas, como as faixas de *Ultra High Frequency* (UHF) e *Super High Frequency* (SHF), são mais propensas a sofrer atenuação em obstáculos e têm um alcance limitado, mas oferecem maior largura de banda para transmissão de dados.

4.3.5.2 Interferência e ruído:

4.3.5.2.1 Diferentes faixas de frequência estão sujeitas a diferentes fontes de interferência e ruído.

4.3.5.2.2 Por exemplo, faixas de frequência mais baixas podem ser afetadas por interferências atmosféricas, enquanto faixas de frequência mais altas podem sofrer interferências de dispositivos eletrônicos ou fontes de ruído ambiental.

4.3.5.2.3 É importante considerar esses fatores ao selecionar uma faixa de frequência para garantir uma comunicação confiável.

4.3.5.3 Largura de banda e capacidade:

4.3.5.3.1 As diferentes faixas de frequência oferecem diferentes larguras de banda disponíveis para transmissão de dados.

4.3.5.3.2 Frequências mais altas geralmente possuem maior largura de banda, permitindo transmissões de dados mais rápidas e capacidade de comunicação maior.

4.3.5.3.3 Isso é especialmente relevante para aplicações que exigem transferência rápida de grandes quantidades de dados, como comunicações de banda larga ou transmissões de vídeo.

4.3.5.4 Propagação das ondas:

4.3.5.4.1 As características de propagação das ondas de rádio variam com a faixa de frequência.

4.3.5.4.2 Na faixa de HF, as ondas tendem a se propagar através da ionosfera e podem ser refratadas de volta à Terra.

4.3.5.4.3 As frequências mais baixas (por exemplo, 3 a 7 MHz) são mais adequadas para comunicações de longa distância durante o dia e à noite, pois elas são menos afetadas pela absorção atmosférica e oferecem melhor capacidade de penetração em obstáculos.

4.3.5.4.4 Frequências mais altas (por exemplo, 10 a 30 MHz) são mais adequadas para comunicações de média e curta distância.

4.3.5.5 Época do ano e ciclo solar:

4.3.5.5.1 As condições de propagação do HF são influenciadas pelo ciclo solar.

4.3.5.5.2 Durante o máximo solar, as frequências mais altas (como 14 a 30 MHz) podem proporcionar uma melhor propagação devido à maior atividade ionosférica.

4.3.5.5.3 Em períodos de mínimo solar, as frequências mais baixas podem ser mais eficazes.

4.3.5.6 Hora do dia:

4.3.5.6.1 A propagação das ondas de HF varia ao longo do dia. Algumas frequências podem ser mais eficazes durante o dia, enquanto outras são melhores à noite.

4.3.5.6.2 É recomendável realizar testes e ajustes em diferentes frequências e horários para determinar a melhor combinação para suas necessidades de comunicação.

4.3.5.7 Monitoramento e coordenação:

4.3.5.7.1 Monitore as frequências de interesse para avaliar o uso e a atividade do espectro.

4.3.5.7.2 A utilização de *softwares* para a busca das melhores frequências é recomendada.

Frequência	Comprimento de onda	Designação	Abreviatura
3 - 30 Hz	10^5 - 10^4 km	<i>Extremely low frequency</i>	ELF
30 - 300 Hz	10^4 - 10^3 km	<i>Super low frequency</i>	SLF
300 - 3000 Hz	10^3 - 100 km	<i>Ultra low frequency</i>	ULF
3 - 30 kHz	100 - 10 km	<i>Very low frequency</i>	VLF
30 - 300 kHz	10 - 1 km	<i>Low frequency</i>	LF
300 kHz - 3 MHz	1 km - 100 m	<i>Medium frequency</i>	MF
3 - 30 MHz	100 - 10 m	<i>High frequency</i>	HF
30 - 300 MHz	10 - 1 m	<i>Very high frequency</i>	VHF
300 MHz - 3 GHz	1 m - 10 cm	<i>Ultra-high frequency</i>	UHF
3 - 30 GHz	10 - 1 cm	<i>Super high frequency</i>	SHF
30 - 300 GHz	1 cm - 1 mm	<i>Extremely high frequency</i>	EHF
300 GHz - 3000 GHz	1 mm - 0.1 mm	<i>Tremendously high frequency</i>	THF

Tab 4-1 - Bandas de frequências de ondas rádio

4.3.6 OUTROS ASPECTOS

4.3.6.1 Durante as operações, as unidades nem sempre são capazes de localizar seus ativos de rádio fixos e móveis nas posições mais tecnicamente ideais para as melhores operações de comunicação.

4.3.6.2 Os planejadores de comunicações HF devem cumprir o maior número possível dos seguintes critérios para obter as melhores vantagens técnicas para a situação tática:

4.3.6.2.1 Usar radiais e estacas para aterramento sob antena vertical para melhorar a eficiência da antena e baixar os ângulos de decolagem para uma melhor comunicação das ondas terrestres.

4.3.6.2.2 Colocar antenas verticais em pontos mais altos, se possível, para melhorar a comunicação das ondas terrestres.

4.3.6.2.3 Evitar colocar antenas verticais atrás de vedações metálicas que protejam os sinais de ondas terrestres.

4.3.6.2.4 Evitar colocar uma antena vertical perto de estruturas de condução vertical como mastros, postes apertados, árvores ou construções metálicas.

4.3.6.2.5 As antenas precisam estar a distâncias de um ou mais comprimentos de onda para eliminar grandes distorções de padrão e mudanças de impedância da antena por corrente induzida e reflexões.

4.3.6.2.6 Instalar a antena tão longe for possível do rádio para reduzir os efeitos de interferência eletromagnética entre o rádio e o sistema de antena.

CAPÍTULO V

PROCEDIMENTOS DO RÁDIO OPERADOR

5.1 INSTRUÇÕES GERAIS DE OPERAÇÃO

5.1.1 AS INSTRUÇÕES QUE DIZEM RESPEITO ÀS RADIOCOMUNICAÇÕES ENCONTRAM-SE CONTIDAS:

- nos Manuais de Comunicações,
- nas Normas Gerais de Ação de Comunicações e Eletrônica (NGA Com Elt),
- nas Instruções Padrão das Comunicações e Eletrônica (IPComElt) e
- nas Instruções para a Exploração das Comunicações e Eletrônica (IEComElt).

5.1.2 ESSAS PUBLICAÇÕES PRESCREVEM AS REGRAS PARA UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE TÁTICO DE COMUNICAÇÕES, TAIS COMO:

- sistemas de autenticação,
- as prescrições sobre as trocas de frequências e/ou canais (frequências alternativas),
- as operações de rotina e
- as normas de segurança a serem obedecidas pelos operadores.

5.1.3 O conhecimento técnico do equipamento é imprescindível para sua operação. Antes de operá-lo, devem-se obter as informações necessárias no manual específico.

5.1.4 Durante a fase de instalação, o manual deve ser consultado para assegurar a correta montagem para que não ocasione danos ao operador e ao equipamento. Todas as conexões devem ser verificadas e, se for o caso, testadas.

5.2 ETAPAS BÁSICAS

5.2.1 Os equipamentos CL VII das diversas U e SU podem ser recebidos como um conjunto rádio, isto é, o transceptor com seus acessórios ou separado.

5.2.2 Cabe ao Operador tomar ciência de qual, ou quais, peças são necessárias para iniciar a operação do equipamento.

5.2.3 PODEM-SE CITAR ALGUMAS ETAPAS:

- a) Verificar a integridade do equipamento;
- b) Verificar o estado dos botões, teclados, indicadores, cabos, conectores, dentre outros componentes;

- c) Verificar a posição das chaves, conectores e interruptores;
- d) Verificar o procedimento inicial de operação no manual do equipamento;
- e) Verificar a normalidade de funcionamento do aparelho;
- f) Verificar se antes de emitir ondas de radiofrequência a antena e demais dispositivos estão corretamente plugados no equipamento; e
- g) Executar o procedimento correto para desligar o aparelho.

5.3 SEGURANÇA NA OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTOS RÁDIO

5.3.1 Emissões de RF têm que ser testadas para que não ocorra danos ao equipamento por conta de ondas refletidas.

5.3.2 Se o equipamento estiver instalado em viatura, certifica-se que a voltagem que chega no equipamento é a prevista em manual.

5.3.3 A utilização EPI deve ser feita, principalmente no momento da instalação de antenas.

5.3.4 A utilização do equipamento rádio em caso de mau tempo (com descarga elétrica) deverá ser utilizada em caso de extrema necessidade.

5.4 ASPECTOS A OBSERVAR NA OPERAÇÃO DE EQUIPAMENTO RÁDIO

5.4.1 Utilizar fones em lugar de alto-falante quando a situação tática exigir.

5.4.2 Se o equipamento estiver instalado em uma viatura, assegurar-se de que a bateria está carregada.

5.4.3 Se estiver usando baterias recarregáveis, certificar-se de que as mesmas estão carregadas.

5.4.4 Caso necessário, deslocar a viatura, ou mudar a posição do conjunto- rádio, a fim de melhorar a recepção.

5.4.5 OBSERVAR QUE UMA COMUNICAÇÃO DEFICIENTE, OU MESMO SUA INTERRUPÇÃO, PODE SER DEVIDO À(AO):

- a) Afastamento excessivo entre os postos;
- b) Má localização de um ou mais postos da rede;
- c) Terreno desfavorável;
- d) Ruídos ou interferência;
- e) Potência insuficiente do transmissor;
- f) Equipamento defeituoso;

- g) Antena deficiente;
- h) Frequência inadequada; e
- i) Atuação da guerra eletrônica (GE) inimiga.

5.4.6 Observar que um material mal cuidado ou mal operado pode produzir os mesmos efeitos negativos nas radiocomunicações que os produzidos pelas distâncias excessivas ou pelo terreno montanhoso.

5.4.7 E IMPRESCINDÍVEL A OBSERVÂNCIA DAS MEDIDAS SEGUINTE:

- a) Estudar e familiarizar-se com as instruções contidas nos manuais técnicos relativos aos equipamentos que irão ser empregados; esses manuais contêm as instruções completas para a operação, bem como os métodos de manutenção;
- b) Manter o equipamento sempre limpo;
- c) Manusear o aparelho cuidadosamente.
- d) Fazer as inspeções de rotina e realizar os encargos de manutenção do operador do conjunto-rádio.

5.5 PRONÚNCIA DE LETRAS E ALGARISMOS

5.5.1 A pronúncia de letras e algarismos em radiotelefonia deve seguir determinadas regras a fim de evitar erros e confusões que aumentam o tempo total de transmissão e, em consequência, a exposição à GE inimiga.

– Tais regras consistem no emprego do alfabeto e dos algarismos fonéticos, os quais serão abordados a seguir.

5.5.2 ALFABETO FONÉTICO

5.5.2.1 O alfabeto fonético utilizado na exploração é internacional e seu uso está consagrado pelas Forças Armadas.

5.5.2.2 A parte em **negrito** das palavras corresponde à sílaba tônica, isto é, a sílaba que deve ser pronunciada com maior inflexão de voz.

(PRÓXIMA FOLHA)

LETRA	PALAVRA	PRONÚNCIA	LETRA	PALAVRA	PRONÚNCIA
A	ALFA	AL FA	N	NOVEMBER	NO VEM BER
B	BRAVO	BRA VO	O	OSCAR	OS CAR
C	CHARLIE	CHAR LIE	P	PAPA	PA PÁ
D	DELTA	DEL TA	Q	QUEBEC	QUE BEC
E	ECHO	É CO	R	ROMEO	RO MEO
F	FOXTROT	FOX TROT	S	SIERRA	SIER RA
G	GOLF	GOLF	T	TANGO	TAN GO
H	HOTEL	RO TEL	U	UNIFORM	IU NI FORM
I	INDIA	IN DIA	V	VICTOR	VIC TOR
J	JULIET	JU LIET	W	WHISKEY	UIS QUEI
K	KILO	KI LO	X	XRAY	ECS RUEI
L	LIMA	LI MA	Y	YANKEE	IAN QUI
M	MIKE	MI KE	Z	ZULU	ZU LU

Tab 5- 1 - Alfabeto fonético

5.5.3 ALGARISMOS FONÉTICOS

5.5.3.1 Os algarismos fonéticos utilizados na exploração radiofônica são específicos de nosso País e seu uso é obrigatório para a Força Terrestre, como também para a Aviação Civil e Militar quando sobrevoando o Brasil.

5.5.3.2 A parte em **negrito** corresponde à sílaba tônica do algarismo fonético.

ALGARISMO	PRONÚNCIA	ALGARISMO	PRONÚNCIA
1	U NO	6	MÊI A
2	DÔ IS	7	SÉ TÊ
3	TRÊIS	8	OI TÔ
4	QUA TRO	9	NÓ VÊ
5	CIN CO	0	ZÉ RO

Tab 5- 2 - Algarismos fonéticos

5.5.4 USO DA LINGUAGEM

5.5.4.1 Linguagem radiotelefônica

5.5.4.1.1 A linguagem deve ser clara e com ênfase natural em cada palavra.

5.5.4.1.2 Deve-se se fazer uso de pausas entre a pronúncia das diversas palavras que compõem o texto da mensagem, principalmente em condições desfavoráveis de operação.

5.5.4.2 Uso do alfabeto fonético

5.5.4.2.1 Uso geral

- As palavras ou os grupos de difícil pronúncia serão transmitidos, letra por letra,
- usando-se o alfabeto fonético internacional;
- precedido pela expressão “**SOLETRANDO**” ou “**VOU SOLETRAR**”.

5.5.4.2.2 Grupos cifrados

- Devem ser transmitidos pronunciando as letras e os algarismos individualmente e sem uso da expressão “**SOLETRANDO**” OU “**VOU SOLETRAR**”.
- A separação entre os grupos é feita com a expressão “**SEPARA**”.

5.5.4.2.3 Pontuação

- Escrita de forma abreviada.
- É transmitida como escrita, se por extenso, ou letra por letra, se abreviada.

5.5.4.2.4 Acentuação

- Os sinais de acentuação das palavras não são transmitidos.

5.5.4.2.5 Abreviaturas

- As abreviaturas do texto e as letras usadas isoladamente ou fazendo parte de expressões curtas são soletradas, seguindo o alfabeto fonético internacional.

5.5.4.3 Uso dos algarismos fonéticos

5.5.4.3.1 Grupo data-hora (GDH)

- a) A data e a hora das mensagens são expressas:
- por um número de seis algarismos,
 - seguido por uma letra indicadora do fuso.

b) Distribuição dos algarismos:

- Os dois primeiros algarismos indicam o dia;
- os dois seguintes indicam a hora e,
- os dois últimos, os minutos.

c) Exemplo:

– dia 20, às 11horas e 32minutos, hora de Greenwich (hora ZULU) será indicada por **2011322**.

– o GDH é transmitido, algarismo por algarismo, antepondo-se a expressão “**GOLF DELTA HOTEL**” ao grupo e

- acrescentando ao final a designação do fuso.

5.5.4.3.2 Nas operações combinadas, o fuso horário de referência será o **ZULU**.

5.5.4.3.3 A expressão “**GOLF DELTA HOTEL**” é dispensada quando é transmitido o grupo data-hora da mensagem.

a) Números inteiros

- 1) Devem ser enunciados algarismo por algarismo;
- 2) Quando escritos por extenso, deverão ser transmitidos como estão escritos.

b) Números não inteiros

- 1) Frações ordinárias e números mistos

– Se redigidos por extenso, assim serão transmitidos com a expressão “**VICTOR GOLF**” para separar as casas decimais;

– Se redigidos como números, serão transmitidos como algarismos e os sinais “/” ou “-” como “**BARRA**” ou “**TRAÇO DE FRAÇÃO**”.

- 2) Valor monetário

– será transmitido como algarismos, com as unidades monetárias e centavos, ou seus equivalentes.

c) Coordenadas

- Inicialmente será expresso o sistema de coordenadas utilizado.
- Em seguida, serão enunciados os algarismos que a definem.
- Em caso de dúvida na pronúncia de palavras, usam-se o alfabeto fonético internacional e as regras para a pronúncia de números estabelecida neste capítulo.

d) Graus, minutos e segundos

- serão transmitidos algarismo por algarismo,
- seguidos das palavras “**GRAUS**”, “**MINUTOS**” ou “**SEGUNDOS**”, conforme o caso.

e) Altitudes e profundidades

- serão transmitidos por extenso, seguidas da unidade de medida utilizada.

f) Velocidades

- quando se referirem ao ambiente marítimo ou aéreo, serão expressas em nós;
- no ambiente terrestre, serão expressas em quilômetros por hora; e
- poderão ser expressos por extenso ou por algarismos.

g) Distâncias e alcances

- são transmitidos por extenso, enunciando-se após o valor numérico a unidade de medida utilizada.

5.6 PRESCRIÇÕES DIVERSAS

5.6.1 NORMAS DE EXPLORAÇÃO

5.6.1.1 Os postos-rádio devem estabelecer suas normas de exploração para o trato das mensagens e a manutenção dos registros respectivos.

5.6.1.2 Estas normas são redigidas de forma a atender às necessidades da U servida pelo posto.

5.6.2 A PREPARAÇÃO DAS MENSAGENS CONSISTE EM:

5.6.2.1 Todas as mensagens devem ser escritas antes da transmissão, de forma a tirar o máximo rendimento do tempo de operação da rede e, igualmente, possibilitar o arquivamento de cópias delas.

5.6.2.2 As mensagens militares devem ser redigidas da maneira mais concisa possível, sem prejuízo da clareza e precisão.

5.6.2.3 Empregam-se, sempre que possível, as cadernetas de mensagens, que são distribuídas para uso pela tropa em campanha.

5.6.3 SÃO DEVERES DO RÁDIO OPERADOR NO POSTO RÁDIO:

5.6.3.1 Se ater estritamente às normas de operação estabelecidas. Alterações nas normas podem gerar confusão.

5.6.3.2 A passagem de serviço de um Posto Rádio deve ser feita com todas as ordens em vigor passadas para quem assume.

5.6.3.3 Quem assume deve verificar a instalação do posto rádio, equipamento, armamento, munição, entre outros possíveis itens.

5.6.3.4 Além dessas, outras medidas podem ser estabelecidas durante o planejamento de emprego do sistema rádio, devendo constar das NAG Com ELt.

CAPÍTULO VI

GUERRA ELETRÔNICA E TÉCNICAS DE PROTEÇÃO

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

6.1.1 A Guerra Eletrônica (GE) é um conjunto de ações que visam explorar as emissões do inimigo em toda a faixa do espectro eletromagnético, com a finalidade de conhecer a sua ordem de batalha, suas intenções e capacidades, e, também, utilizar medidas adequadas para negar o uso efetivo dos seus sistemas, enquanto se protege e utiliza, com eficácia, os sistemas próprios.

6.1.2 A GE é um vetor fundamental para o êxito das operações militares. Enquanto atividade especializada, a sua execução baseia-se em uma concepção sistêmica, com princípios, métodos, procedimentos, características e vocabulário que lhe são peculiares.

6.1.3 No amplo espectro dos conflitos, a GE constitui-se em multiplicador do poder de combate, seja potencializando as demais capacidades associadas às funções de combate, seja deteriorando ou negando ao oponente o emprego efetivo de seus sistemas e meios. Nesse contexto, atua ativa e passivamente por meio de ações cinéticas e não cinéticas, que usam e exploram o espaço eletromagnético nos conflitos.

6.1.4 Diz-se que as comunicações e outras emissões eletromagnéticas amigas são asseguradas, quando operam eficaz e eficientemente, mesmo quando a força oponente empregue ações de GE ou haja fontes de interferências não intencionais.

6.1.5 A crescente automatização dos sistemas de GE agrega qualidades que contribuem para que o processo de aquisição das emissões seja mais eficaz, com equipamentos que podem trabalhar ininterruptamente, realizar diversas tarefas ao mesmo tempo e agilizar atividades, em segundos, o que antes consumiria dias de trabalho.

6.1.6 Bastam apenas milésimos de segundo para que um receptor consiga detectar, identificar, monitorar, classificar e localizar vários sinais ao mesmo tempo em uma larga faixa do espectro, sem que haja necessidade de qualquer intervenção do operador. Um simples toque no combinado de um transceptor é suficiente para denunciar a posição de uma estação-rádio no terreno.

6.1.7 Até mesmo tecnologias desenvolvidas para contrapor equipamentos de monitoração e localização eletrônica, exemplo do salto de frequência, já não são eficazes frente a modernos sistemas de GE dotados de receptor de banda larga.

6.2 CAMPOS DE ATUAÇÃO DA GUERRA ELETRÔNICA

6.2.1 COMUNICAÇÕES (Com):

6.2.1.1 Abrange os sinais eletromagnéticos e equipamentos utilizados para o trânsito de informações, sejam analógicas ou digitais.

6.2.1.2 Incluem-se, nesse campo, os radiotransmissores, os multicanais, os sistemas troncalizados, os sistemas de comunicações baseados em óptica de espaço livre e os receptores em geral.

6.2.2 NÃO COMUNICAÇÕES (NCom):

6.2.2.1 Encampa os sinais eletromagnéticos e equipamentos utilizados na produção de informações (sensoriamento).

6.2.2.2 São empregados neste campo os radares em geral, os sensores optoeletrônicos, os intensificadores de imagens e os diversos armamentos que empregam guiamento eletromagnético.

6.2.2.3 Alguns exemplos ilustrativos do campo da GE de comunicações são apresentados na figura 6-1.



Fig 6-1 – Campos de Atuação da GE – Comunicações

6.2.2.4 No sentido horário, de cima para baixo, estão representados:

- a) o terminal transportável do Sistema de Comunicações Militares por Satélite (SISCOMIS);
- b) a antena Log-Periódica de sistema rádio em HF;
- c) o dispositivo de comunicação óptica no espaço livre;
- d) o módulo de telemática veicular;
- e) o equipamento rádio tático;
- f) o sistema de comunicações por micro-ondas em visada direta e, ao centro;
- g) o receptor de GPS.

6.2.2.5 Alguns exemplos ilustrativos do campo da GE de Não Comunicações são apresentados na Figura 6.2.

Fig 6-2 – Campos de Atuação da GE – Não Comunicações

6.2.2.6 No sentido horário, de cima para baixo, estão representados:

- a) o radar HF OTH (*Over The Horizon*);
- b) o radar de vigilância terrestre (RVT);
- c) o binóculo termal;
- d) o monóculo intensificador de imagem residual;
- e) o dispositivo explosivo improvisado remotamente controlado (o aparelho telefônico não trafega informações nesse caso, mas serve tão somente como meio de acionamento do detonador do explosivo);
- f) o telêmetro *laser*/designador/visualizador de alvos acoplado à metralhadora e, ao centro;
- g) o radar de vigilância aérea.

6.3 RAMOS DE ATUAÇÃO DA GUERRA ELETRÔNICA

6.3.1 OS RAMOS DE ATUAÇÃO DA GE, DENTRO DE CADA CAMPO, ESTÃO APRESENTADOS NA FIG 6-3, A SEGUIR:

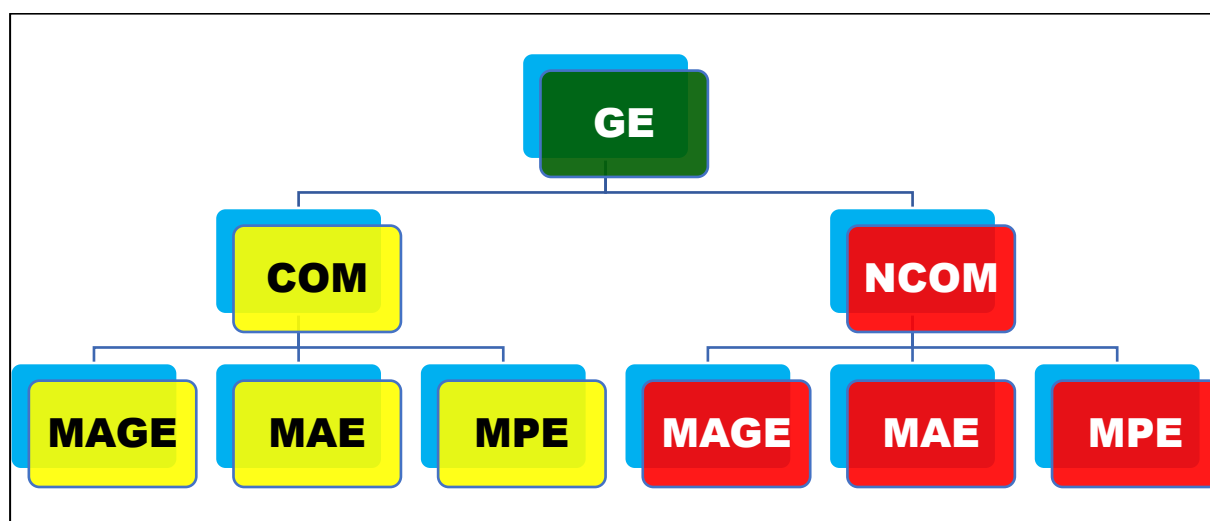


Fig 6-3 – Ramos de atuação da GE dentro de seus respectivos campos

6.3.2 SÃO RAMOS DE ATUAÇÃO DA GE:

- Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE);
- Medidas de Ataque de Guerra Eletrônica (MAE); e
- Medidas de Proteção Eletrônica (MPE).

6.3.2.1 Medidas de Apoio de Guerra Eletrônica (MAGE):

6.3.2.1.1 São medidas que visam à obtenção e à análise de dados, a partir das emissões eletromagnéticas de interesse, oriundas do oponente.

6.3.2.1.2 São ações das MAGE:

- busca de interceptação (Bsc Itc);
- monitoração (Mon);
- localização eletrônica (Loc Elt);
- registro (Reg); e
- análise de Guerra Eletrônica (Anl GE).

6.3.2.2 Medidas de Ataque de Guerra Eletrônica (MAE):

6.3.2.2.1 São medidas que visam destruir, neutralizar ou degradar a capacidade de combate do oponente, negando-lhe o uso eficiente do espectro eletromagnético, por intermédio da radiação, reirradiação, reflexão, alteração ou absorção intencional de energia eletromagnética ou, ainda, pela destruição física dos sistemas eletrônicos do oponente, por meio de ações ofensivas específicas e especializadas.

6.3.2.2.2 São ações das MAE:**a) não destrutivas:**

- bloqueio (Blq) e
- despistamento (Dptt), sendo que estas somente agem contra os receptores eletromagnéticos; e

b) destrutivas:

- emissão de energia direcionada (EED) e
- guiamento de armas pela emissão do alvo (GAEA).

6.3.2.3 Medidas de Proteção Eletrônica (MPE):

– São medidas que visam assegurar a utilização eficaz e segura das próprias emissões eletromagnéticas, a despeito da existência de ações ofensivas de GE, empreendidas pela ameaça e/ou pelas forças amigas ou, ainda, de fontes de interferência não intencionais.

6.4 MEDIDAS DE PROTEÇÃO ELETRÔNICA DE COMUNICAÇÕES

6.4.1 Para a Guerra Eletrônica, os sistemas de comunicações são formados por conjuntos de transmissores, receptores ou transceptores que utilizam o espectro eletromagnético para realizar o tráfego de mensagens.

6.4.2 As MPE de Comunicações constituem a parte da GE que abrange ações para assegurar o uso efetivo do espectro eletromagnético, a despeito das ações de GE empreendidas pelo oponente, e devem ser executadas por todos os operadores de emissores eletromagnéticos.

6.4.3 ELAS SÃO DIVIDIDAS EM:

6.4.3.1 Ações quanto à finalidade:

- Anti-MAGE; e
- Anti-MAE.

6.4.3.2 Meios utilizados:

- PROCEDIMENTOS; e
- TECNOLOGIAS.

6.4.3.3 A divisão das MPE Com em ações Anti-MAGE e Anti-MAE é realizada apenas para fins didáticos, pois, de acordo com as situações nas quais são empregadas, é extremamente complexa uma definição única.

6.4.3.4 Um exemplo é a utilização da tecnologia de salto de frequência que, quando utilizada na transmissão entre dois equipamentos-rádio, irá dificultar a interceptação e monitoração pelos sistemas MAGE.

6.4.3.5 Contudo, essa tecnologia também impede ou diminui a eficiência de uma ação de bloqueio pelas MAE oponentes, sendo classificada, portanto, como Anti-MAGE e Anti-MAE.

- Por exemplo, pela execução de manobras com navios, aeronaves ou plataformas terrestres, mantendo-os fora do alcance de detecção do sistema de GE oponente.

6.4.3.6 São implementados pelo planejamento da utilização de sistemas de comunicações que não irradiem na direção da possível posição da força oponente pelo uso de códigos e cifras nas mensagens ou pela disciplina na exploração dos meios de comunicações e de não comunicações.

6.4.3.7 Geralmente, são de simples planejamento e execução; podem ser, em sua maioria, adotados por qualquer operador.

6.4.4 OS PROCEDIMENTOS DE MPE:

- São comportamentos, atitudes, ações realizadas para aumentar a confiabilidade e a segurança das emissões, impedir, retardar ou dificultar o emprego das MAGE e MAE pelo oponente, por meio da execução de manobras, artifícios e da correta exploração dos recursos de comunicações.

6.4.5 POR OUTRO LADO, AS TECNOLOGIAS DE MPE:

6.4.5.1 São recursos de proteção eletrônica, projetados, especificamente, para este fim ou não, existentes nos sistemas de emprego militar, das forças amigas que os resguardam de ações de MAGE e MAE inimigas, dependendo, invariavelmente, das características de cada equipamento.

6.4.5.2 As tecnologias de MPE também são divididas, em termos da característica do sistema a ser protegido, em:

- *COMMUNICATIONS SECURITY* (COMSEC); e
- *TRANSMISSIONS SECURITY* (TRANSEC), termos originários do idioma inglês, que significam, respectivamente, segurança das comunicações e segurança das transmissões.

6.4.5.3 As COMSEC incluem medidas de segurança criptográfica que visam à proteção do conteúdo transmitido a fim de evitar acessos não autorizados, ou seja, objetiva-se garantir que a mensagem não seja decifrada em caso de interceptação por parte do oponente.

6.4.5.4 As TRANSEC consistem na aplicação de tecnologias destinadas a proteger as transmissões contra interceptações por parte do oponente, incluindo técnicas de espalhamento espectral como salto de frequência e transmissão por salvas, assim como controle automático de potência e modulação adaptativa.

6.5 PROCEDIMENTOS DE MPE

6.5.1 PROCEDIMENTOS ANTI-MAGE

6.5.1.1 Mudança de frequência

6.5.1.1.1 Em equipamentos não dotados de tecnologias que variam a frequência do rádio automaticamente, por exemplo: salto de frequência, a mudança manual dessa frequência e intervalos de tempo não uniformes são uma boa MPE, quando bem planejadas e executadas.

6.5.1.1.2 A troca de frequência deve sempre estar prevista nas Instruções para Exploração das Comunicações e Eletrônica (IEComElt), devendo haver frequências reservas.

6.5.1.1.3 É fundamental que a troca não siga um padrão, ou seja, não devem ser utilizados os mesmos intervalos de tempo para a troca da frequência (de 10 em 10 minutos, por exemplo).

6.5.1.1.4 Este padrão facilita muito o trabalho do analista oponente.

6.5.1.2 Mudança de indicativo

6.5.1.2.1 A mudança de indicativo dificulta a Análise de Tráfego, principalmente quando não está associada à mudança de frequência.

6.5.1.2.2 Quando, em uma mesma frequência, um indicativo é alterado, o analista de GE inimigo pode ser induzido a concluir que outro posto-rádio está ativo na rede.

6.5.1.2.3 Os efeitos dessa medida são potencializados quando os indicativos são

alterados em horários distintos da troca de frequência.

6.5.1.2.4 No caso de redes-rádio em voz, a mudança de operadores contribui para a eficácia dessa medida.

6.5.1.3 Mensagem preestabelecida

6.5.1.3.1 O uso de mensagens preestabelecidas apresenta maior efetividade quando utilizado em situações específicas.

– Por exemplo, quando a GE intercepta uma mensagem com o seguinte teor: “51° BIMtz iniciar ataque de O1”, sabe-se exatamente o que irá acontecer.

6.5.1.3.2 Contudo, se essa mesma mensagem fosse transmitida como “ESTÁ CHOVENDO NA FAZENDA”, o analista não conseguiria concluir nada de imediato, porque seria impossível antever o que aconteceria a não ser que ele possuísse a IComElt do oponente.

6.5.1.3.3 Com o transcorrer da operação é possível, pela análise de GE, relacionar ações com essas mensagens preestabelecidas, por isso, as IComElt devem prever novos códigos de mensagens em um prazo aproximado de 48 horas, realizando a troca das instruções a intervalos de tempo.

6.5.1.3.4 Os aspectos negativos do uso de mensagens preestabelecidas são a necessidade de adestramento e as possibilidades de erros no processamento e interpretação das mensagens por parte das tropas amigas.

6.5.1.4 Código de nomes

6.5.1.4.1 O resultado final é o mesmo da mensagem preestabelecida: dificultar a análise de conteúdo.

6.5.1.4.2 A grande diferença é que estas mensagens são exclusivas para cada situação (“ESTÁ CHOVENDO NA FAZENDA” só serve para indicar: “51° BIMtz iniciar ataque de O1”, por exemplo) ao passo que, no código de nomes, cada código se refere a uma situação específica.

6.5.1.4.3 É possível combinar, por exemplo, os códigos abaixo para formar a frase “ÁRVORE NUVEM CARRO” (Tabela 6-1), ou seja, o código de nomes possibilita grande flexibilidade nas mensagens, ao passo que mensagens preestabelecidas são específicas para determinadas ações de grande importância.

CÓDIGO	SITUAÇÃO
ÁRVORE	51° BIMtz
NUVEM	Iniciar ataque
CARRO	O1

Tab 6-1 - Código de nomes

6.5.1.4.4 No entanto, deve-se ter o cuidado de evitar a combinação de palavras em claro e palavras do código de nomes, devido à grande possibilidade de equívocos na interceptação do significado.

6.5.2 PROCEDIMENTOS ANTI-MAE

6.5.2.1 Mudança de frequência

6.5.2.1.1 Como ação Anti-MAE, a frequência deve ser trocada toda vez que for identificada uma ação de bloqueio.

6.5.2.1.2 É fundamental que esta troca não seja realizada de forma ostensiva, ou seja, que fique claro que a rede está trocando a frequência por causa das MAE.

6.5.2.1.3 Isso sendo percebido pela GE inimiga, demonstra que a MAE empregada foi eficaz. A certeza da eficiência do posto de MAE em sua atividade só reforçará sua ação.

6.5.2.1.4 Ao identificar uma MAE na rede, a mensagem deve ser transmitida até o final. A rede deverá trocar a frequência por meio de mensagem preestabelecida ou quando chegar a hora de mudar a frequência.

6.5.2.2 Autenticação do posto

6.5.2.2.1 Uma ação eficaz quando é identificada a suspeita de ações de DESPISTAMENTO IMITATIVO, que é uma atividade em que o operador do posto de MAE envia uma mensagem falsa na rede.

6.5.2.2.2 Dessa maneira, se for solicitada a autenticação deste posto, é provável que não seja realizada corretamente.

6.5.2.2.3 A autenticação do posto deverá ser solicitada sempre que:

- for dada uma ordem na rede que fuja dos padrões de mensagens que vinham sendo transmitidas;
- forem dadas ordens de deslocamento de tropa não previstas no contexto da operação;
- forem dadas ordens para que sejam informados determinados dados (posições de unidades no terreno, efetivos, nomes, situação, etc);
- o rádio operador identificar que a voz do seu interlocutor não é conhecida; e
- o operador tiver suspeitas sobre a autenticidade de uma transmissão feita na rede.

6.5.3 PROCEDIMENTO ANTI-MAGE E ANTI-MAE

6.5.3.1 Mudança de posição do posto-rádio ou da antena

6.5.3.1.1 Dificulta a análise de localização eletrônica por parte do oponente, porque altera os alcances de transmissão (influenciando na recepção MAGE por parte do inimigo) e de recepção (influenciando a recepção de ações de MAE inimigas).

6.5.3.1.2 Dessa forma, sempre que possível, é importante prever a mudança de posição, mesmo sendo uma ação que deva ser coordenada, na medida em que os planejamentos

da manobra podem impor posições de desdobramento.

6.5.3.2 Aproveitamento do terreno

6.5.3.2.1 Para desdobrar um posto-rádio, além de verificar se o enlace será feito com os outros postos, devem-se considerar os obstáculos no terreno que influenciem na segurança do posto frente às MAGE e/ou MAE inimigas.

6.5.3.2.2 É importante, sempre que possível, instalar os postos-rádio em posições, onde encostas (ou mesmo edifícios, espelhos d'água, linhas de alta tensão, florestas ou matas densas) estejam entre o posto-rádio e a direção do inimigo.

– Isso porque a onda eletromagnética é impedida (refratada, refletida ou absorvida) por estes acidentes, seja na direção do oponente para o posto-rádio ou vice-versa.

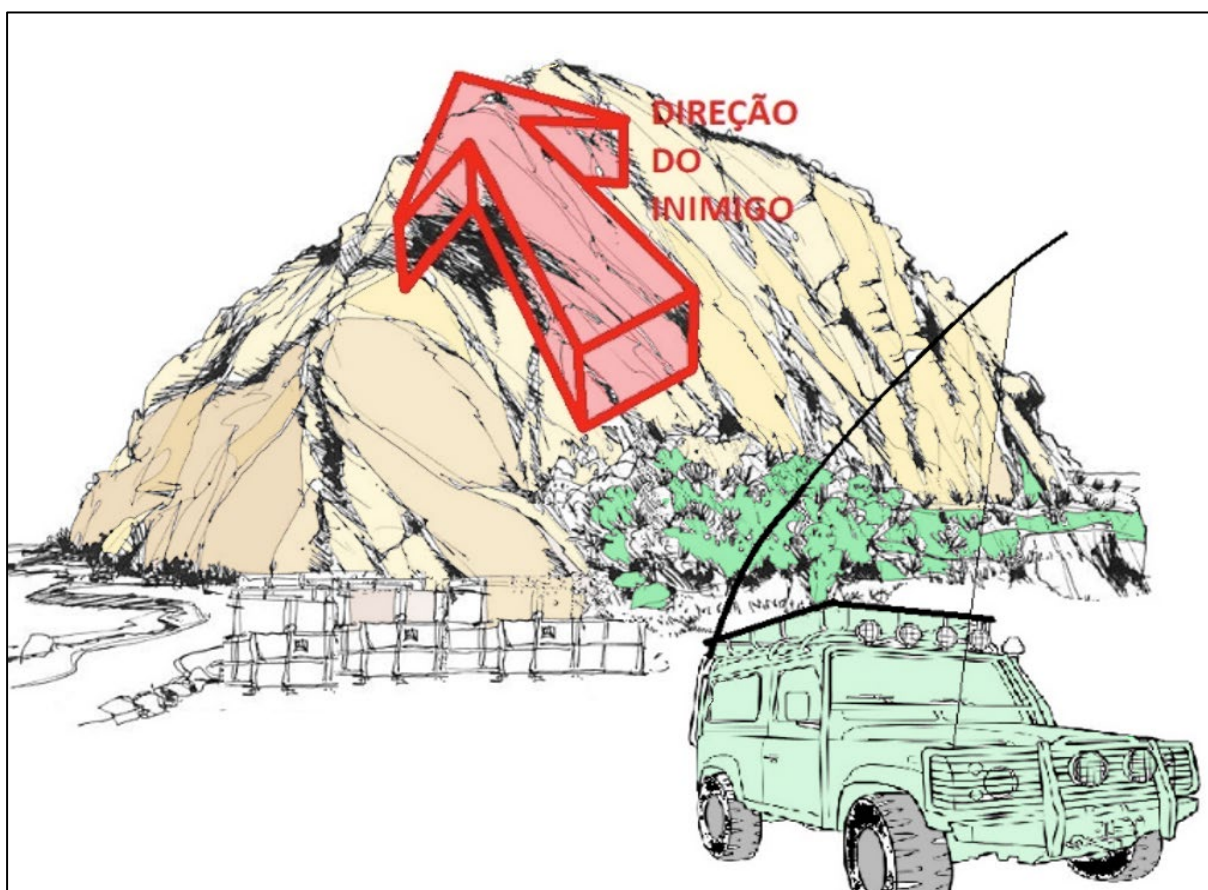


Fig 6-4 – Posto rádio próximo à massa cobridora

6.5.3.3 ANTENAS DIRECIONAIS

6.5.3.3.1 O uso de antenas direcionais paralelas à direção do inimigo dificultará ou impedirá a recepção de emissões pelas MAGE do oponente e os efeitos das MAE inimigas sobre os postos-rádio.

6.5.3.3.2 O alto ganho dessas antenas amplifica as probabilidades de enlace, porém com uma pequena abertura, impedindo muitas vezes o enlace simultâneo.

6.5.3.3.3 Essas antenas devem ser utilizadas, preferencialmente, em direção paralela à frente do Iní e, sempre que possível, deve evitar sua utilização na direção perpendicular.

6.5.3.3.4 A seguir as diferenças entre o uso de antenas direcionais e omnidirecionais.

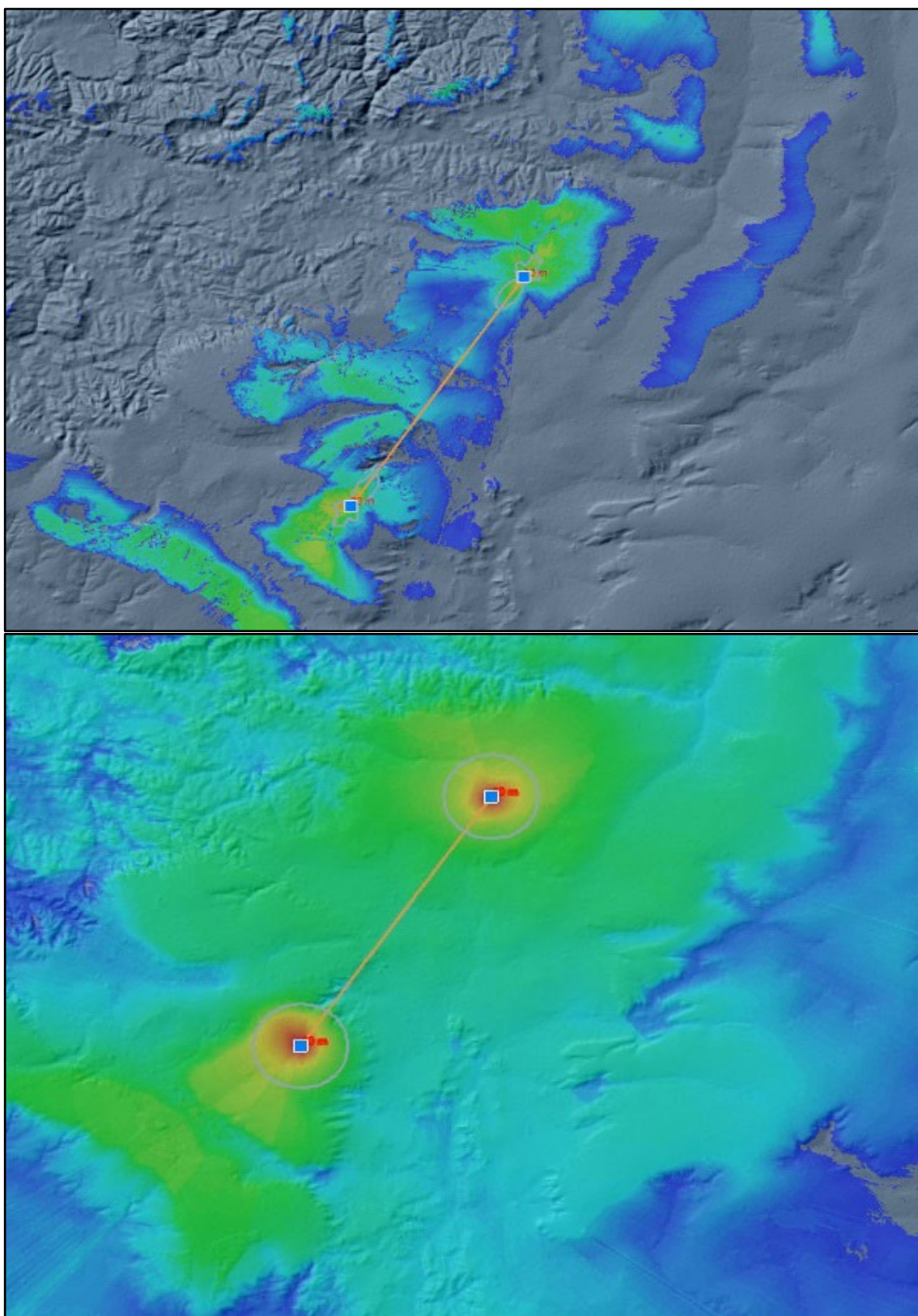


Figura 6-5 – Diferenças entre a cobertura de antenas direcionais (acima) e omnidirecionais (abaixo)

6.5.3.4 Controle de potência

6.5.3.4.1 As MAGE oponentes são dificultadas quando as forças amigas utilizam sempre a menor potência de transmissão necessária para o estabelecimento das comunicações.

6.5.3.4.2 O aumento da potência de transmissão pode ser empregado para suplantar a ação de bloqueio, sendo uma medida Anti-MAE eficiente.

6.5.3.4.3 Contudo, embora não indique ao posto de MAE, explicitamente, o resultado da eficácia da ação de bloqueio, tal ação pode ser descoberta pela verificação do nível de potência que chega do posto.

6.5.3.4.4 Esse é um PROCEDIMENTO de MPE que pode ser realizado de maneira manual pelo operador.

6.5.3.4.5 Porém, rádios modernos possuem tecnologia para fazer esta ação automaticamente, podendo, assim, ser classificado como PROCEDIMENTO e TECNOLOGIA de MPE, dependendo do tipo de equipamento rádio utilizado.

6.5.3.5 Uso de repetidoras

6.5.3.5.1 O uso de repetidores e retransmissores reduz a distância de transmissão entre os postos-rádio, tornando os enlaces mais consistentes e diminuindo a potência necessária para a transmissão.

6.5.3.5.2 Esse procedimento dificulta as MAE e MAGE do oponente.

6.5.3.6 Alteração na polarização

6.5.3.6.1 Para que uma transmissão entre dois postos-rádio seja realizada, as duas antenas devem estar na mesma polarização, pois polarizações defasadas em 90° (horizontal em relação à vertical) geram grandes perdas de sinais.

6.5.3.6.2 Esse princípio é aplicável à antena do posto de MAGE, que deve possuir a mesma polarização da antena do emissor alvo.

6.5.3.6.3 Como pode prejudicar as comunicações internas deve ser uma ação coordenada e prevista.

6.5.3.7 Mudança na modulação e protocolo de codificação

– A utilização de diferentes modulações digitais (FM, USB, DSB, FSK, PSK, OFDM, QAM, etc) e protocolos (BAUDOT, FACTOR, PACKET 300, AX-25, SITOR, PSK-34, STANAG 5066, OOK, MORS, etc) para a transmissão de mensagens (dados) dificulta a decodificação e demodulação por parte do oponente, caso não estejam disponíveis equipamentos com adequada criptografia.

6.6 TECNOLOGIAS DE MPE

6.6.1 TECNOLOGIAS ANTI-MAE

6.6.1.1 Estabelecimento automático de enlace

– O ataque eletrônico não destrutivo irá agir somente contra os receptores, nesse sentido ao ser percebido um ataque (visto pelo equipamento como perda de enlace), será buscada, automaticamente, uma nova frequência preestabelecida em que seja possível realizar o enlace.

6.6.1.2 Controle automático de ganho

6.6.1.2.1 Esta tecnologia impede a saturação dos receptores por um aumento repentino de potência recebida.

6.6.1.2.2 Consequentemente, facilita a detecção de um ataque eletrônico e auxilia a tomada de medidas pelo operador do posto rádio.

6.6.2 TECNOLOGIAS ANTI-MAGE

6.6.2.1 Criptofonia

6.6.2.1.1 Esta tecnologia que permite ao rádio embaralhar o sinal antes de transmiti-lo.

6.6.2.1.2 Quando isso ocorre, torna-se muito difícil para qualquer sistema MAGE identificar o conteúdo que foi transmitido, pois somente os postos-rádio que tiverem a chave criptográfica poderão ouvir a mensagem, ainda que seja possível realizar a Loc Elt da transmissão e bloqueá-la.

6.6.2.2 Esteganografia

6.6.2.2.1 Consiste em esconder um arquivo eletrônico dentro de uma imagem.

6.6.2.2.2 Este arquivo pode conter um vídeo, mensagem e outras informações relevantes. Existem *softwares* que realizam facilmente esta tarefa.

6.6.2.2.3 Cabe ressaltar que a esteganografia apenas esconde a existência da mensagem.

6.6.2.3 Transmissões por salvas

6.6.2.3.1 É uma tecnologia que realiza a compressão da mensagem antes da transmissão. Após a compressão, o rádio transmite um pequeno pacote de curtíssima duração.

6.6.2.3.2 Caso a mensagem seja tão grande, que não seja possível transmitir em apenas um pacote, ela é comprimida em tantos pacotes quanto necessários, diminuindo o uso do espectro e a detecção por parte da GE inimiga.

6.6.2.4 Transmissão digital

– Atualmente, somente alguns dos sistemas de MAGE menos avançados não possuem a capacidade técnica de monitorar um canal de comunicações digital, necessitando de outro equipamento para adquirir o conteúdo original da mensagem transmitida.

6.6.3 TECNOLOGIAS ANTI-MAE E ANTI-MAGE

6.6.3.1 Controle automático de potência

– Essa tecnologia modifica a potência da transmissão de rádio para minimizar o consumo de bateria e a interferência entre peças que estejam próximas do equipamento.

6.6.3.2 Criptografia

6.6.3.2.1 A criptografia consiste na técnica de converter mensagem de sua forma original para outra ininteligível, de maneira que possa ser conhecida (decriptografada) apenas por seu destinatário.

6.6.3.2.2 Atualmente, a criptografia é realizada por meio de programas computacionais que utilizam chaves criptográficas de dois tipos: simétricas e assimétricas.

6.6.3.2.3 Por outro lado, a criptografia assimétrica foi desenvolvida de maneira que o remetente e o destinatário utilizem senhas diferentes, permitindo que a chave utilizada para codificar seja diferente da chave utilizada para decodificar.

6.6.3.2.4 Por ser realizada por meio de computadores, a mensagem criptografada, na modalidade de dados, em termos de conteúdo, independe do tipo de equipamento-rádio utilizado.

COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

Brasília, DF, 12 de setembro de 2025

<https://portaldopreparo.eb.mil.br>

